HISTOIRE DU MONDE

PUBLIÉE

SOUS LA DIRECTION DE M. E. CAVAIGNAC

Tome XIII

LA CIVILISATION EUROPÉENNE MODERNE

IVe partie

LA CHIMIE

PAR

H. METZGER

Docteur de l'Université de Paris
Membre du Comité international d'histoire des sciences

E. DE BOCCARD, Editeur
1, Rue de Médicis, 1
PARIS (VIe)

—

1930

Avant-Propos

Cette histoire de la chimie a été écrite en 1926 ; des circonstances indépendantes de ma volonté ont retardé sa publication jusqu'à ce jour ; le texte n'a subi aucune modification.

Comme ce travail est destiné à toute personne qui s'intéresse à l'histoire de la science et de la pensée scientifique, nous avons évité d'insister sur un grand nombre de détails techniques accessibles aux seuls spécialistes. Pour la même raison nous nous sommes abstenu d'encombrer notre texte des formules plus ou moins compliquées dont font usage les chimistes contemporains.

Par contre, nous avons réservé le plus de place possible aux doctrines des savants dont nous avons étudié les œuvres ; nous avons renvoyé à un court appendice les notices biographiques indispensables.

Afin de faciliter la compréhension de certains travaux anciens, il nous est arrivé de traduire par un symbole moderne (et que nous avons placé entre parenthèses), que tout le monde connaît, le nom du corps étudié par le chimiste d'autrefois.

PREMIÈRE SECTION

I

Introduction

Cette étude contiendra une vue panoramique sur le développement de la chimie depuis le début du XVIIe siècle, où sous l'influence de l'activité débordante qui s'empara alors de la société européenne, les recherches concernant cette science se firent de jour en jour plus nombreuses, jusqu'au début du XIXe siècle, où la victoire des doctrines de Lavoisier étant enfin assurée, les travaux d'une pléiade de chercheurs lui donnèrent peu à peu l'aspect sous lequel elle est encore enseignée dans les classes élémentaires de nos écoles.

Une telle perspective sur l'histoire de la chimie sera loin de présenter au regard un aspect homogène et cela se comprend sans peine ; la chimie, science générale de la matière, doit défricher un domaine immense et apparemment illimité qui comprend peut-être l'univers entier ; et la plupart de ses adeptes, au début de la période que nous étudions, espéraient, en partant de chaque petit fait observé au laboratoire, qu'au terme de leurs efforts, ils arracheraient à la nature la plupart des secrets qu'elle semble faire effort pour garder.

Cette ambition excessive, qui portait chaque cher-

cheur à dépasser par la pensée l'objet spécial de ses travaux pour en déduire le monde entier, quoique constamment déçue, fut constamment renaissante ; si elle excita la curiosité de ceux qui voulaient tout savoir, elle a cependant empêché la chimie de progresser en enregistrant journellement quelque trouvaille nouvelle, définitivement acquise, dont l'expression reste immuable ; et, en effet, les savants étaient sollicités simultanément par une multitude d'aspirations diverses, qui dispersaient leur attention.

La médecine demandait à la chimie quelle était la composition du corps humain, et par suite quelles règles devait suivre l'art de guérir ; la pharmacie voulait apprendre d'elle la meilleure méthode pour préparer de bienfaisants remèdes ; la technique de la métallurgie, de la fabrication du verre, de la porcelaine, du vinaigre, de la chandelle, et d'industries les plus variées ne pouvait se passer de son concours ; alors que la *philosophie naturelle des métaux,* mue par les antiques affirmations de l'alchimie, voulait transformer en argent et en or qui sont des métaux précieux, l'étain, le fer, le cuivre et le plomb qui sont imparfaits et communs... Et les résultats pratiques obtenus par les spécialistes de laboratoire devaient projeter leur clarté sur la théologie, la métaphysique de la Création, ainsi qu'inspirer une sage interprétation des textes sacrés, particulièrement de la Genèse.

L'on voit que l'activité manuelle et cérébrale de ceux qui s'adonnaient à la chimie était extrêmement variée ; et si on lit quelque vieil ouvrage rempli des confidences scientifiques de ceux qui cherchaient à la perfectionner, on est presque saisi de

stupeur tant la culture générale dont ils faisaient preuve était étendue et solide ; sans doute, aperçoit-on rapidement qu'un grand nombre d'entre eux, Glauber, Davidson ou Lefèvre pour ne citer que des noms célèbres, acceptaient avec une égale ferveur, toutes les théories ou traditions qui sont venues jusques à eux ; qu'à leur érudition se joignait un remarquable manque d'esprit critique ; ils ne cherchaient pas constamment à séparer la vraie science de la superstition vulgaire ; et par là leur effort devint suspect à des hommes justement renommés, mathématiciens, physiciens, philosophes ou érudits. Pour les savants, en quelque sorte officiels, la chimie n'était pas tout à fait une science, ou plutôt elle est restée longtemps une sorte de science de seconde zone, si l'on ose s'exprimer ainsi, science d'artisans remplie de connaissances hétérogènes et de croyances populaires dont il fallait se défier. « Il y avait là, a écrit M. Meyerson, un domaine mal connu, nous dirions presque mal famé, constitué par un amas formidable de faits à moitié mystérieux [1] » où l'on n'osait guère s'embourber ; les chimistes sérieux eurent longtemps à se plaindre de cette sorte d'ostracisme, et souvent leur ton est amer ; ne va-t-on pas parfois jusqu'à confondre leurs recherches pénibles et prolongées avec le charlatanisme le plus éhonté de ceux qui exploitent cyniquement la crédulité populaire ? Fontenelle n'a-t-il pas fait sourire l'académie des sciences en proclamant que « l'esprit de chimie est confus et enveloppé » ? Sans doute, ces préventions se dissipèrent-elles peu à peu ; et la chimie finit-elle par obtenir l'estime à laquelle elle

1. *Identité et réalité*, p. 177.

prétendait de la part du public cultivé ; mais ses adeptes continuèrent à souffrir du peu d'intérêt que les physiciens prenaient à leurs travaux ; c'est du moins ce qui ressort de certaines déclarations imprimées dans l'Encyclopédie de Diderot [1].

1. Voir l'article *Chimie* écrit par De Venel.

II

Le laboratoire au XVIIe siècle

Afin de juger sainement l'effort des chimistes d'autrefois, il nous faut tout d'abord connaître leurs moyens de travail, savoir sur quels réactifs ils expérimentaient, avec quels appareils ou quels procédés ils tentaient de les modifier ; bref, il nous faut en leur compagnie faire un tour au laboratoire.

Entrons si vous le voulez bien chez le professeur Thibaut dont l'installation semble-t-il ne laisse rien à désirer, et qui peut apprendre à ses élèves toutes les manipulations que le praticien doit connaître. C'est une salle spacieuse, bien aérée, très claire, munie d'une excellente cheminée, de tables, de chaises, et qui est remplie de tous les instruments nécessaires à la profession du chimiste ; en voici l'énumération :

Les instruments. — « Les instruments chimiques dont notre laboratoire doit être garni pour y opérer sont, dit-il, de deux sortes en général. Les uns sont principaux, les autres moins principaux. Les principaux instruments de la chimie sont ceux qui servent à toutes les opérations et sans lesquels on ne saurait faire ou du moins parfaire aucune. Ces instruments principaux sont quatre : le lut, les fourneaux, les vaiseaux, le feu. Les moins principaux instruments de la chimie sont en grand nombre ;

j'en propose seulement trente qui me paraissent être les plus nécessaires et usuels : une spatule de fer, une verge de fer, un grand bâton de bois, une spatule de bois, un mortier et pilon de bronze, un mortier de marbre et un pilon en bois, un plat creux de faïence ou de verre, une ou deux balances et des poids, une médiocre pierre de marbre en table, de la ficelle, du papier blanc et du gris, de la colle ou de l'empois, un tamis, des bandelettes de vieux linge, des cendres, du sable, des tuyaux, de l'eau, un moule de clinquant en forme de canule, un moule de fer pour balles à pistolet, un moule de cuivre pour un gobelet, un petit trépied, une cuiller de bois, un entonnoir de fer blanc, des boulets de paille ou cartons en bois mince, un moule à brique, sans oublier la pelle à feu, les pincettes et le soufflet [1]. »

Une telle installation semble extrêmement rudimentaire et nous nous rendons facilement compte que l'on ne faisait pas alors des expériences de précision ; nous n'insisterons pas longuement sur les instruments accessoires que l'on peut se procurer au bazar, et dont le chimiste habile doit pouvoir en cas de force majeure se dispenser de faire usage ; nous sommes un peu étonnés de voir figurer parmi eux la balance qui depuis l'époque de Lavoisier symbolise toute la science chimique ; jusque vers le milieu du XVIIIe siècle, cet appareil ne servit en effet qu'à doser les différents corps utilisés pour la manipulation ; et avec un peu d'habitude le praticien jugeait d'un coup d'œil sans utiliser d'instrument la quantité de réactif qui lui était nécessaire.

1. *Cours de chimie*, Paris, 1667. in-12, p. 2.

Examinons un peu plus longuement les instruments principaux ; et d'abord le fourneau qui jouait dans l'ancienne chimie un rôle immense ; la plupart des opérations, les évaporations, les distillations, les cuissons prolongées ne pouvaient s'établir sans son aide ; aussi son aménagement a-t-il rapidement attiré l'attention de praticiens qui ont cherché à le perfectionner; déjà Jean Beguin, dans les *Eléments de chimie* parus en 1606 et qui jouirent alors d'une réputation européenne, les décrit avec le plus grand soin ; et le célèbre Glauber [1] dont les ouvrages sont remplis de spéculations cosmologiques, ne dédaigna pas de travailler à en inventer de nouveaux... Il y en avait de toutes sortes, depuis le fourneau de réverbère destiné aux feux violents, le fourneau portatif qui devait entretenir une douce chaleur, le bain-marie, etc. ; les combustibles employés étaient le bois et le charbon.

Les réactifs sur lesquels l'opérateur travaillait étaient contenus dans des vaisseaux de métal, de faïence ou de verre, dont les formes étaient extrêmement variées ; suivant les cas, il y avait lieu d'utiliser les vessies, les cucurbites, les matras, les alambics, les cornues, les campanes ou cloches, les creusets, etc... parfois plusieurs de ces vaisseaux étaient réunis pour former un appareil plus compliqué.

Afin de fabriquer ces sortes d'instruments-doubles aussi bien que pour réparer les brisures de leurs appareils, ou pour cimenter les fissures survenues à l'intérieur des fourneaux, le chimiste utilisait une pâte ou *lut* qui collait ensemble ou consolidait les

1. Voir *les fourneaux philosophiques*, 1650.

matériaux auxquels on l'appliquait ; on l'obtenait en mélangeant ou en pétrissant ensemble dans de l'eau jusqu'à ce que l'on obtienne une pâte homogène, des quantités égales de terre à potier, de sable, de crottes ou fiente de cheval, auquel on pouvait ajouter quelques blancs d'œufs rendant le lut plus solide encore... Et une grande partie du labeur journalier du chimiste consistait précisémment à construire, réparer ou luter, ces divers fourneaux ou ces vaisseaux.

Mais l'opération même ne pouvait le plus souvent s'achever qu'à l'aide de l'instrument pour lequel les autres « instruments principaux » semblaient en quelque sorte construits : nous voulons parler du *feu*, dont l'action sur les diverses matières que le savant étudie présente des différences surprenantes et inattendues ; le chimiste en est tellement frappé qu'il se surnomme bien souvent « le philosophe par le feu »... et, en effet, sous l'action du feu, les corps les plus durs sont liquéfiés ou vaporisés ; d'autres substances molles sont durcies ; quelques substances telles que les huiles se dissipent dans l'atmosphère alors qu'on les place sur le fourneau, et cependant brûlent au contact de la flamme ; d'autres telles que l'eau s'échauffent et bouillent, mais ne peuvent brûler et éteignent la flamme ; d'autres encore brûlent partiellement et laissent des cendres incombustibles : l'étain par exemple perd son éclat au contact du feu, et se transforme en une chaux pulvérulente et sèche... Le chimiste essaye de comprendre tous ces faits, en apparence paradoxaux ; désespérant d'y réussir, il cherche si quelque réactif corrosif n'aurait pas par son action quelque « ressemblance au feu »; et comme les acides forts calcinent les métaux ou

corrodent les substances organiques, il déclarera que les acides contiennent du « feu en puissance ». D'autre part, avant de cuire leurs réactifs ou de les soumettre à la flamme, il leur fera subir des altérations diverses ; il les broiera dans un mortier, les réduira en poudre, les dissoudra dans l'eau ou quelqu'autre liqueur, les précipitera de leur solution par un procédé quelconque, bref les torturera de toutes les manières possibles.

Les réactifs. – Mais, demandera-t-on encore, quelles étaient les matières sur lesquelles il travaillait ? Si nous ouvrons un ancien traité de chimie, nous apercevons rapidement qu'une grande partie de l'activité du praticien était appliquée à étudier les substances organiques, animales ou végétales, qu'il distille, ou qu'il dissout de diverses manières, afin d'en extraire les graisses, l'huile, l'alcool, etc. ; quand il étudiera les minéraux, il les croira aussi complexes que les corps organisés, et sera d'abord désolé de ne pouvoir les diviser en autant de matières hétérogènes ; mais, peu à peu, à mesure que la science progresse, les acides minéraux, les alcalis tels que la soude et la potasse, les minerais métalliques, passeront au premier rang de ses préoccupations ; et vers le début du XVIII[e] siècle, ce seront les corps inorganiques que le savant étudiera avec prédilection ; ce sera d'après leurs réactions que la théorie chimique s'établira, alors qu'autrefois, elle se basait toute entière sur l'étude des corps organiques.

Réflexions qui découlent de l'exposé précédent. — Il nous faut avoir encore présentes à l'esprit les quelques remarques suivantes afin de pénétrer dans l'esprit du chimiste ancien et autant que possible comprendre sa méthode de travail.

En premier lieu, les réactifs qu'il employait, n'étaient aucunement ce que nous appelons des corps purs, dont la technique actuelle pourrait fixer la formule ; nous devons laisser aux mots alors utilisés toute l'imprécision du langage courant ; quand nous lisons que pour obtenir tel corps, il faut prendre de l'eau forte, nous ne devons pas penser que cette eau forte est un acide azotique pur ; c'est un acide concentré, qui souvent contient, outre les impuretés diverses, un mélange des acides minéraux, aussi bien le sulfurique, et le chlorhydrique que le nitrique qui généralement domine ; le savant du XVIIe siècle parlait du soufre ou de l'arsenic, comme nous parlons du pain et du vin ; ce n'est que plus tard qu'il s'habitua à donner à ces expressions une signification rigoureuse.

En second lieu, le but de la science chimique est uniquement de connaître quelles sont les qualités apparentes ou cachées des corps, aussi bien les propriétés que nos sens nous révèlent directement, que celles qui ne se manifestent qu'en présence d'autres corps bien choisis et qui ne nous sont dévoilées que par les réactions matérielles ; nous ne verrons donc que rarement dans les ouvrages consacrés à la chimie pendant le XVIIe siècle, des considérations quantitatives précises sur les phénomènes étudiés ; les analyses des matières seront dans le sens actuel du mot des analyses qualitatives ; les savants, aussi bien que les pharmaciens, n'essayeront jamais de

fournir des dosages rigoureux, et si parfois ils donnent avec précision la formule de fabrication de tel composé, il ne faut pas attacher plus de valeur scientifique à ces indications qu'à une recette de cuisine.

En troisième lieu, et jusque vers 1770, les savants ne tentèrent aucun effort, ou au moins ne parvinrent pas à capter les gaz ou les vapeurs qui s'échappent de telle réaction chimique ; par suite, ils n'essayèrent pas de vérifier expérimentalement la plupart de leurs hypothèses sur les substances aériformes, ce qui laissait dans l'obscurité ou le doute, une partie de leur théorie.

A ces considérations générales, nous devons en joindre une autre qui a trait à la difficulté que les expérimentateurs anciens trouvaient à travailler pratiquement ; tout d'abord, le feu était souvent difficile à entretenir au degré voulu, et il arrivait que les vaisseaux contenant les corps sur lesquels on travaille se brisaient au moment où l'opération finie, le chimiste voulait enfin recueillir les produits qu'il préparait depuis des jours, et parfois des mois ou des années ; et les ingrédients pour recommencer l'expérience étaient d'un prix extrêmement élevé aussi bien que le combustible ; pour le chercheur opiniâtre, qui se ruinait à les acheter, un tel accident banal devenait vite une catastrophe. L'on sait que Bernard Palissy qui voulait obtenir de la porcelaine émaillée n'avait pas hésité à livrer ses meubles au feu.

Dans de telles conditions de travail, nous ne devons pas attendre des chimistes, une exactitude scrupuleuse dans le récit de leurs expériences ; quelques-uns d'entre eux racontent comme faites

des manipulations importantes qu'ils avaient seulement projetées, et dont leur théorie rendrait compte ; d'autres répètent servilement — sans aviser les lecteurs de ce plagiat — les récits de leurs prédécesseurs ; la science de la matière s'enrichit ou plutôt s'encombre de doctrines plutôt imaginées que déduites des faits, de légendes plus ou moins douteuses que l'action des académies a lentement éliminées de la science ; ces groupes de savants collaborant à une même œuvre laissèrent à chacun de leurs membres le loisir d'aborder quelque problème particulier sans se soucier d'accomplir seul le travail de l'humanité. Mais avant qu'un tel résultat ne fût obtenu, la pensée du chimiste s'évadait aussi vite que possible de son travail limité et manuel pour atteindre le système du monde et une théorie de la matière.

Ces préliminaires posés, nous allons exposer brièvement quels furent les thèmes généraux sur lesquels les savants brodèrent des variations sans nombre, au cours de l'âge héroïque de la chimie.

III

La théorie chimique au début du XVIIe siècle

La doctrine des disciples de Paracelse. — Et d'abord il nous faut signaler que le célèbre Paracelse — qui avait suscité de son vivant tant d'admiration et tant de haine, par ses succès médicaux, ses prétentions de rénover l'art de guérir, ses audacieuses affirmations d'indépendance, ses scandales même puisqu'il avait brûlé publiquement les ouvrages alors admirés de Galien et d'Avicenne — rencontrait encore au XVIIe siècle un nombre considérable de fervents disciples.

Sans entrer dans le détail de leurs théories nombreuses et variées, nous allons en quelques mots exposer les dogmes fondamentaux que ces chimistes admettaient comme allant de soi, et cela sans critique aucune.

Et d'abord, entre les phénomènes célestes et les phénomènes terrestres, la théorie scientifique établissait une concordance à peu près géométrique, d'où il résultait que la science des astres ne devait pas être ignorée de celui qui aspirait à connaître la science des choses matérielles, et que conformément aux traditions astrologiques, l'astronomie devait servir de modèle à la chimie ; puis, qu'au macrocosme ou grand monde, correspondait partie à partie, le corps humain ou microcosme, qui lui

était analogue ; de telle sorte que l'étude des matières organisées renseignait l'expérimentateur sur l'ensemble de l'univers. Pour illustrer cette vérité, ils avaient établi des listes de correspondance entre les astres errants, les métaux et les parties les plus remarquables du corps humain ; et enfin, entre toutes les choses présentant une ressemblance d'ailleurs quelconque. Contrairement à la Sagesse des Nations, ces savants admirent qu'une comparaison était une raison, et pour étendre leur science multiplièrent extraordinairement les analogies hypothétiques ; ils donnaient aux caractères apparents qui devaient leur révéler la parenté entre les choses le nom mystique de « signature des choses » ; ils nous apprirent, pour ne citer qu'un exemple, que « l'esprit de nitre est plein des causes de pétrification dans le grand monde ès mines et dans le petit monde aux reins », ou encore « que l'esprit de vin est eau parce qu'il en a la fluidité ; feu parce qu'il brûle ; air parce qu'étant essenssifié, il en a la spiritualité et la pénétration ; terre parce qu'il est tout sel ».

Puisqu'ils raisonnaient uniquement par analogie, il résulta pour ces chimistes que toute expérience est symbolique, et qu'un seul fait tout à fait quelconque permet de construire la structure de toute la matière ; voici d'ailleurs comment Paracelse avait exposé en quelques mots sa célèbre théorie des trois principes :

« Parmi toutes les subtances, écrit-il, il n'en est que trois qui donnent à chaque chose leur corps, c'est-à-dire que tout corps consiste en trois choses ; les noms de celles-ci sont : soufre, mercure, sel ; or, avant toutes choses, il faut connaître ces trois substances et toutes leurs propriétés dans le macro-

cosme. Et alors, on les trouvera dans l'homme (microcosme) absolument semblables... Afin que vous compreniez mieux, prenez l'exemple du bois. Celui-ci n'est pas un corps par lui-même. Brûlez-le. Ce qui brûlera, c'est le soufre ; ce qui s'exhale en fumée est le mercure ; ce qui reste dans les cendres est le sel. Ainsi donc sont trouvées trois choses, ni plus ni moins, séparées chacune l'une de l'autre. Il faut remarquer au sujet de ces trois choses que toutes choses les contiennent d'égale manière. S'ils ne s'offrent pas immédiatement à la vue d'une façon uniforme, néanmoins ils se révèlent sous l'influence de l'art qui les isole et les rend visibles. Ce qui brûle est le soufre. Tout ce qui entre en combustion est soufre. Ce qui s'élève en fumée est mercure. Rien n'est sublimé hormis le mercure ; ce qui se résout en cendres est le sel. »

La netteté de ces déclarations n'empêcha pas un grand nombre des disciples de Paracelse de rechercher réellement et plus seulement symboliquement les trois principes primordiaux ; conformément à des théories très anciennes, ils voulurent notamment isoler le *soufre* concret ou le *mercure* coulant qui seraient entrés dans la composition de nombreuses substances soit organiques, soit minérales ; ils eurent quelques succès partiels puisqu'ils parvinrent à séparer du soufre de l'antimoine, (notre sulfure actuel) et à obtenir ainsi de la matière réguline, (notre antimoine actuel).

A leurs préoccupations expérimentales se joignaient des préoccupations théoriques qui ont fait couler des flots d'encre. Quel rapport les principes paracelcistes soutiennent-ils avec les éléments aristotéliciens ? Est-il contradictoire d'affirmer que la

matière contient du soufre, du sel et du mercure, et qu'elle est composée de terre, d'air, d'eau et de feu ? Quelques chimistes certes le pensèrent ; d'autres, et en plus grand nombre, cherchèrent à concilier les deux manières de voir, soit en prétendant avec Paracelse lui-même que les éléments d'Aristote se retrouveraient sous les principes chimiques, soit en additionnant les quatre éléments et les trois principes pour énumérer les substances simples, soit encore en ajoutant aux trois principes réellement actifs, les deux éléments *terre* et *eau* qui sont passifs et inactifs.

Nous ne pouvons malheureusement entrer dans le détail des discussions qui passionnèrent les savants jusqu'à la révolution cartésienne ; signalons seulement que si au contact des théories mécaniques, le mysticisme des trois principes fut détruit immédiatement et en France et en Angleterre, il fut seulement modifié dans les écoles allemandes ainsi que nous le verrons en étudiant la doctrine de Beccher.

Un autre point que les Paracelsistes admettaient sans discussion et que la philosophie atomistique considéra comme absurde fut l'explication de la réaction chimique par l'attraction du semblable pour le semblable ; si, nous dit-on, l'or se dissout dans l'eau régale, cela tient à ce que ces deux substances contiennent un sel ammoniac qui cherche à rencontrer son semblable ; si l'eau régale ne dissout point l'argent, c'est que l'argent ne contient pas ce sel ammoniac recherché, etc...; comme la théorie des trois principes, cette manière de comprendre l'affinité chimique disparut rapidement des ouvrages français et anglais ; elle persista en Allemagne et l'école de Stahl sut l'imposer à nouveau aux chimistes européens pendant le XVIIIe siècle.

La Doctrine des alchimistes. — Une autre théorie de la Renaissance se prolongea jusqu'à la fin du XVIIe siècle, et fut si bien balayée de la science par la philosophie mécanique que les ouvrages doctrinaux qui lui étaient consacrés devinrent inintelligibles ; nous voulons parler de la « philosophie naturelle des métaux », qui soutenait alors les espoirs des alchimistes cherchant à transmuer l'étain, le fer ou le cuivre qui sont des métaux usuels, en argent et surtout en or qui sont des métaux précieux ; nous allons en dire quelques mots.

Sous l'influence du mysticisme vitaliste qui alors dominait toute la science, nos savants comparèrent le règne métallique au règne organisé ; ils posèrent à peu près comme un axiome indiscutable, que le métal imparfait est au métal parfait, ce que le fruit vert est au fruit mûr, ce que l'enfant est à l'homme ; ils supposèrent donc que sous la seule action du temps, l'étain, le fer, le plomb, le cuivre et le mercure se transforment en argent, puis en or ; mais que cette transmutation est si lente que nous ne pouvons l'apercevoir ; seule la théorie nous apprend « que les métaux imparfaits tendent continuellement à la perfection de leur destination naturelle [1] » !... Mais si cela est vrai, la durée de la transmutation métallique étant seule indéterminée, les métallurgistes espérèrent, avec Glauber et Barba, que l'on parviendrait un jour à rendre cette évolution plus rapide, peut-être même à la réaliser en un clin d'œil. Tel est du moins l'espoir qui transparaît à travers les aphorismes suivants, qui résument d'une manière saisissante la doctrine de l'alchimie

1. Nicolas le Fèvre, *Chimie*, p. 112.

d'alors. « Les métaux imparfaits ont une naturelle disposition à recevoir la forme des métaux parfaits soit dans les entrailles de la terre, par la seule Nature et dans un long espace de temps, soit sur la terre, par la même Nature secondée de l'art et dans un instant. »

Nous n'allons pas examiner ici, comment les alchimistes, avec une constance digne d'un meilleur sort, se sont évertués à « achever en un moment ce que la Nature n'aurait fait qu'en plusieurs années » ; nous allons seulement remarquer que les échecs expérimentaux, aussi nombreux qu'ils fussent, n'auraient pu par leur seule force détruire complètement une telle manière de voir. Ce qui acheva de la ruiner, la théorie cartésienne ne l'attaqua même qu'indirectement et cela par ricochet ; et en effet, admettre avec Descartes que « toutes les variétés qui sont en la matière dépendent du mouvement de ses parties », c'est en définitive proclamer qu'elle est partout semblable à elle-même ; c'est par suite rendre absurde l'idée du perfectionnement des substances chimiques aussi bien que de la Nature qui reste toujours ce qu'elle était au moment de sa création.

A partir du jour où l'affirmation de Descartes devint un lieu commun admis instinctivement par tout le monde savant, l'on remarqua les échecs répétés de ceux qui se vouaient à l'art alchimique ; l'on se moqua de la superstition ou de l'avidité de ces rêveurs ou de ces spéculateurs. Et Nicolas Lemery, dans son célèbre cours de chimie qui fit autorité à la fin du XVIIe siècle, le définit sous la forme sarcastique suivante : « Cet art sans art dont le commencement est de mentir, le milieu de travailler, et la fin de mendier. »

La doctrine de Van Helmont. — Un autre système chimique exerça durant le XVIIe siècle un énorme prestige, et fut constamment modifié dans ses détails par les expérimentateurs aussi bien que par les théoriciens ; le mystique Van Helmont avait alors émis sur l'ensemble des phénomènes matériels quelques affirmations très nettes qu'il sut réunir en un admirable corps de doctrine.

Et d'abord, il s'opposa fermement à la philosophie de la matière que ses prédécesseurs et ses contemporains admettaient presque sans discussion ; les vues d'Aristote, d'origine païenne, ne s'accordent ni avec les constatations sensibles, ce dont chacun peut se rendre compte avec un peu d'attention, ni avec les révélations des livres sacrés qui devraient faire la base des méditations des chrétiens ! Les quatre éléments notamment et l'astrologie qui se couvrent de son autorité n'ont fait que troubler la chimie sans rien lui enseigner de véritable ; il faut les rejeter absolument... il faut rejeter aussi, du moins de la théorie générale, les trois principes de Paracelse, notions d'ordre exclusivement pratiques qui peuvent rendre service au pharmacien, certes, mais sous lesquels le métaphysicien a le devoir de creuser.

Il n'y a dans notre monde qu'une seule substance matérielle qui est l'eau élémentaire ; cette substance est cependant spécifiée en choses diverses par des ferments spirituels qui leur impriment leurs qualités caractéristiques, chose que Moïse a exprimée en ces paroles qui font image : « l'esprit de Dieu porté par les eaux »... De cette manière de voir, il résulte immédiatement que tous les corps quels qu'ils soient pourraient être transmués en eau si l'on parvenait

à les isoler de leur ferment ! Une telle expérience a parfois semblé réussir partiellement sur des matières organiques qui en se pourrissant, laissent échapper un liquide insipide ; elle réussirait parfaitement si Van Helmont possédait une grande quantité de la liqueur *alcaest* dont sa théorie proclame l'existence, et dont il déclare, d'une manière figurative qui ne fait illusion à personne, avoir eu un jour entre les mains, un tout petit flacon ; cet alcaest qu'il invite les chimistes à découvrir transformerait en eau les corps quels qu'ils soient, même les plus durs ; ce puissant réactif, malgré les efforts persévérants des expérimentateurs, se déroba toujours à leurs recherches ; cependant l'on étudia quelques dissolvants énergiques tels que les acides forts ou les alcalis corrosifs, qui en seraient les *succédanés,* et par là les connaissances chimiques furent considérablement enrichies.

Il existe cependant un corps qui ne peut devenir de l'eau ; c'est l'air qui occupe tout l'espace laissé libre par la matière aqueuse, et qui reste constamment semblable à lui-même ; cet air, qui dans la chimie de Van Helmont, joue un rôle analogue à celui de l'éther dans la physique moderne, ne concourt jamais comme ingrédient dans une réaction matérielle ; il sert pourtant de réceptacle aux vapeurs les plus diverses qui se dégagent lors des fermentations, des ébullitions ou même des combustions, opérations chimiques qui ne se produisent pas en vase clos. Van Helmont nomme d'ailleurs *gaz* les vapeurs d'aspect aériforme qui se mélangent à l'air atmosphérique tout en conservant leur nature ; il considère ces gaz comme de la matière ordinaire, et sans les étudier en détail, il indique pourtant briè-

vement à la chimie une direction nouvelle alors inconnue ; plus tard, nous aurons prochainement l'occasion de le constater, c'est en s'engageant dans cette voie que les savants furent amenés à découvrir que l'air ordinaire, contrairement à l'opinion de Van Helmont qui ne lui attribuait qu'une sorte d'action de présence, est composé de gaz hétérogènes qui jouent véritablement un rôle actif dans les réactions matérielles.

Le dualisme de l'acide et de l'alcali. — Enfin, nous devons dire quelques mots d'une doctrine extrêmement simpliste qui s'appliquait primitivement et fort justement d'ailleurs à l'ensemble des réactions salines, et prit vers le milieu du XVIIe siècle un essor aussi prodigieux qu'éphémère ; à cette époque, médecins et pharmaciens faisaient de nombreuses recherches sur ce qu'ils appelaient le combat des acides et des alcalis, qui, en se mélangeant bruyamment dès qu'ils sont mis en présence, finissent par se combiner pour donner un sel neutre ; de là, à généraliser cette observation pour conclure que tous les phénomènes biologiques, notamment la digestion et la circulation, sont dus à l'antagonisme des acides et des alcalis, il n'y a qu'un pas que le célèbre Sylvius franchit fort aisément ; puis, cette manière de voir acceptée, le savant docteur conclut que toute maladie qui afflige notre organisme est due à un excès d'une des substances opposées, l'alcali par exemple, qu'il fallait guérir par l'acide. Généralisant encore cette manière de voir, son élève Tachénius n'hésita pas à faire de l'acide et de l'alcali les seuls composants du monde matériel, et à

tirer de son dualisme l'expression d'une métaphysique qui voulait tout expliquer, puisqu'il se flattait d'avoir démontré « qu'il n'y a rien dans l'univers que l'acide et l'alcali dont la Nature fait toutes choses ».

IV

Robert Boyle et son temps

L'œuvre de Robert Boyle. — La plupart des chimistes, qui voulaient tenter de rendre compte de tous les phénomènes matériels prenaient indifféremment quelques-uns des morceaux des doctrines que nous venons d'exposer, puis, en les juxtaposant, ils espéraient parvenir à la véritable théorie qui explique toutes les réactions et permet d'en prévoir des nouvelles. Mais bientôt la philosophie mécanique — qui sous la forme atomistique ou sous la forme cartésienne avait pu s'imposer victorieusement à la plupart des savants — tenta elle aussi de conquérir la chimie.

Robert Boyle fut le principal artisan de cette nouvelle manière de voir, et pour comprendre à quel point la chimie fut transformée par son contact avec le mécanisme, il nous faudra jeter un coup d'œil sur son œuvre immense.

La critique des anciennes doctrines dans le Chimiste sceptique. — Tout d'abord, le travail de ce savant se présente sous une forme destructrice ; l'ouvrage qui assura son succès, le *Chimiste sceptique,* contient une polémique violente contre les principaux dogmes alors admis par les chimistes. Robert Boyle ne peut croire que les quatre éléments qui d'après Aristote forment la substance de tous les

corps soient des êtres matériels simples que la chimie a découverts en poussant jusqu'au bout ses analyses ; il explique très brièvement, en suivant les traces de Van Helmont, que les conceptions péripatéticiennes démodées alors ne soutiennent pas l'examen ; et, en effet, comment le feu qui naît et qui disparait pourrait-il être placé au rang des véritables substances ? L'air au contraire, dit Boyle, toujours à la suite de Van Helmont, est bien un véritable corps simple, et jamais aucun chimiste n'a pu l'extraire d'un composé. En ce qui concerne la terre et l'eau dont il est impossible à l'expérimentateur de nier l'existence, le *Chimiste sceptique* observe cependant qu'il ne peut accorder ses opinions avec celles d'Aristote ; et en effet ces substances simples ne sont pas les seuls éléments que l'on peut isoler en décomposant les mixtes ; puis les qualités de la plupart des corps que l'on n'a pu décomposer ne peuvent se déduire de celles que les péripatéticiens attribuent à ces éléments ; la terre par exemple est la cause de la densité ou de la lourdeur ; mais l'or n'est-il pas beaucoup plus dense ou plus lourd que la terre pure ?

Par des arguments à peu près semblables, Boyle a réfuté victorieusement le dualisme de l'acide et de l'alcali sur lequel on avait cru bâtir une doctrine chimique rigoureuse : en premier lieu, dit-il, la nature est beaucoup plus riche que ne l'admet un tel système, puisqu'un grand nombre de corps ne sont ni acides, ni alcalis. En second lieu, ce système ne peut-être constamment appliqué, et la preuve en est que le cuivre se dissout aussi bien dans les eaux fortes acides, ce qui tendrait à prouver que ce métal est un alcali, que dans un esprit urineux (ou

ammoniac), ce qui semblerait prouver qu'il est un acide. Une théorie qui aboutit à de telles contradictions ne peut, dit-il, être maintenue dans la science.

Mais la doctrine qu'il combat avec le plus d'acharnement est celle de Paracelse encore admise alors par nombre de pharmaciens et de médecins. Qu'après une analyse superficielle et rapide de corps organiques, l'on déclare grossièrement avoir obtenu les trois principes, c'est une chose que Boyle ne conteste pas, et qui en première approximation est parfaitement admissible ; mais que de cette apparence l'on en déduise que la doctrine des trois principes est une vérité métaphysique qui explique l'origine et les propriétés de tous les corps que la chimie étudie, cette conclusion est erronée et doit être combattue.

D'abord, et les ouvrages des disciples de Paracelse sont à cet égard exaspérants, le lecteur n'a aucun moyen de se rendre compte si les trois principes dont on parle sont les corps réels, tangibles, que le langage courant désigne par ces mots, ou bien au contraire représentent des êtres symboliques porteurs de propriétés. Le soufre, pour ne citer qu'un exemple, est-il ce corps jaune que l'on peut se procurer facilement dans le commerce et cela en grande quantité, ou bien le principe de la combustibilité ? A de telles questions, un même chimiste fait, suivant les occasions, des réponses très différentes et que l'on ne peut concilier. Et les différents auteurs, ne parviennent pas même à un accord quand ils veulent expliquer quelles sont les qualités que les principes imposent aux mixtes naturels ; ainsi, bien que la plupart des savants croient que la couleur des corps est due au mercure qu'ils contien-

nent, Sennert l'attribue au soufre et Paracelse au sel.

Cette critique suffit semble-t-il pour ruiner le système des trois principes, puisque Boyle écrit victorieusement : « Il n'apparaît pas que trois, soit précisément et universellement le nombre des substances distinctes ou éléments dans lequel les corps mixtes sont résolubles par le feu. Je veux dire qu'il n'est pas prouvé par les chimistes que tous les corps composés soient d'après l'analyse chimique, divisibles en trois substances distinctes, ni plus ni moins qui doivent être regardées comme élémentaires »... Peut-être en consultant l'expérience serons nous forcés d'admettre un plus grand nombre de corps simples ?

Définition moderne du corps simple. — « Je puis ajouter, dit alors Boyle, que dans la constitution d'un corps mixte deux éléments peuvent suffire; un autre genre de mixtes peut-être composé de trois corps, un autre de quatre, un autre de cinq, et un autre de six, et un autre de beaucoup plus » ; bref, il n'est pas sûr que le même nombre d'éléments entre dans la substance de tous les corps composés ; certaines matières même n'ont pu être résolues en substances plus simples ; « l'or par exemple n'a jamais pu être divisé, on n'a jamais pu en extraire du sel, du mercure, ou du soufre, il est resté dans toutes les opérations chimiques, tout à fait semblable à lui-même. »

Et ainsi Boyle pensera qu'un corps simple se reconnaît à ce fait qu'il ne peut être décomposé par aucun moyen en notre pouvoir ; par cette affirmation qui depuis Lavoisier est devenue un axiome

fondamental de la doctrine chimique, Boyle a bien mérité le titre de précurseur de la chimie moderne qui lui est souvent attribué.

Philosophie corpusculaire et aspiration à l'unité de la matière. — Cependant, nous devons ajouter que ce n'est pas au seul nom de la science expérimentale, qu'il a attaqué si fermement les théories de ses prédécesseurs ; et, en effet, Boyle est un partisan convaincu de la philosophie corpusculaire ; il croit que tout ce qui se passe dans la nature doit s'expliquer mécaniquement, et que les différences entre les différents corps ne peuvent dépendre que de la taille, de la figure et du mouvement des particules dont l'assemblage forme les corps ; aussi demande-t-il si en procédant de diverses manières, l'on extraira toujours les mêmes corps simples des corps composés, ou plus exactement s'il est sûr «que chaque substance homogène ou distincte, séparée d'un corps à l'aide du feu, préexistait dans ce corps comme principe ou élément ? » Mais alors, en poussant aussi loin que possible la déduction logique de ce raisonnement, est-il contraint à poser la grave question que voici : « Y a-t-il, dans la Nature, des corps qui méritent le nom d'élément, ou toutes les substances que nous remarquons sont-elles des modifications variées d'une même matière élémentaire ? » Sans doute, le *Chimiste sceptique* ne répond-il pas à une interrogation qui paraît aussi paradoxale; mais il semble incliné à penser comme Van Helmont ou Descartes qu'une seule substance forme l'étoffe de tous les corps matériels, que si la science expérimentale ne peut pour le moment

découvrir cette substance unique, elle doit cependant partir d'elle dans ses spéculations concernant la réalité.

Travaux expérimentaux. — N'insistons pas plus longtemps sur la métaphysique de la matière qui soutient pour ainsi dire l'œuvre expérimentale de Robert Boyle ; voyons les plus importants de ces travaux.

La flamme et l'air. — Et d'abord, il consacra une part de son activité à chercher quel est le rapport entre la flamme et l'air ; il montra que dans le vide aucune substance n'est inflammable, pas même le soufre ; en conséquence, dit-il, l'air est nécessaire à la production de la flamme. Il observa ensuite que tout corps enflammé que l'on transporte dans le vide s'éteint immédiatement ; il conclut de ce fait que l'air est nécessaire à la conservation de la flamme. Enfin il eut l'idée géniale de relier la théorie de la vie à celle de la combustion, en supposant que l'air, en entretenant soit le feu, soit la respiration, joue dans les deux cas le même rôle ; il compara attentivement la durée de la vie d'un animal, et la durée d'une flamme d'esprit-de-vin qu'il avait enfermés dans des vases soigneusement clos ; et cette comparaison célèbre guida encore Lavoisier quand il voulut établir que la respiration et la combustion sont des phénomènes d'oxydation.

Opinion des savants anglais contemporains. — Il est vrai que Boyle ne chercha pas à approfondir ces

indications sommaires ; nous savons qu'il refusait à l'air toute action en qualité de réactif chimique ; un de ses compatriotes, John Mayow, tenta d'expliquer alors ce que c'est que la combustion ; il n'attribue pas à l'air même la propriété de servir d'aliment à la flamme ; celle-ci pourtant ne peut s'allumer que lorsque l'atmosphère est remplie de particules actives, *igno-aériennes*, dit-il, que le feu épuise rapidement ; la preuve en est que la flamme s'éteint presque immédiatement en vase clos. Et Robert Hooke exprime la même manière de voir, bien qu'il croit que les particules qui entretiennent la combustion contiennent une substance nitreuse et par là sont *nitro-aériennes* ; ces particules, dit-il, sont partout répandues « dans notre air, et peut-être en forment-elles la partie qui mérite le plus proprement le nom de partie vitale ; c'est cette partie qui fournit le menstrue capable de consumer et d'enflammer les corps ; c'est par elles que se continuent la vie, la chaleur et le mouvement de tous les animaux et les végétaux. »

La lumière est-elle une substance ou un accident. — Si Boyle ne s'est pas attardé à étudier plus à fond la combustion des corps organiques, s'il n'a songé ni à vérifier ni à combattre l'opinion alors admise, que lorsqu'un corps brûle une partie au moins de sa substance se dissipe dans l'atmosphère pendant que la lumière se dégage, le grand chimiste a pourtant tenté par des expériences sur la flamme de résoudre un problème différent qui avait été l'objet des méditations de savants et de philosophes : la lumière, demande-t-il à l'expérience, est-elle une simple qua-

lité comme Aristote et Descartes le prétendent, ou au contraire est-elle une substance corporelle comme Gassendi l'a affirmé ?

Augmentation de poids de certains corps lors de la calcination. — Conclusion de Boyle. — Afin de forcer la nature de répondre à cette question, Boyle exposa à l'action de la flamme quelques substances telles que la terre à brique, le plomb et l'étain ; et il remarqua que ces corps, après avoir subi l'épreuve du feu, non seulement avaient considérablement changé d'aspect physique, mais encore avaient augmenté de poids. De cette constatation expérimentale, il se hâta de tirer les conclusions suivantes qui répondent à l'interrogation posée : les particules de lumière qui étaient primitivement dans la flamme se sont introduites dans le plomb, l'étain ou la terre à brique puis se sont mêlées aux atomes de ces substances, et ont enfin donné par leur combinaison avec elles des corps solides doués de qualités spéciales ; la lumière est donc là un réactif chimique comme les autres qui a agi comme dissolvant du plomb, de l'étain ou de la terre à brique.

De ses disciples français. — Pour un grand nombre de physiciens, il fut établi sans conteste que la lumière et une matière corporelle, pesante, susceptible de se combiner avec toutes les autres matières ; et l'autorité de Boyle fut bien souvent invoquée par les partisans de la théorie de l'émission qui s'opposa victorieusement à la théorie des ondulations. Pour les chimistes, un tel résultat, bien qu'accepté avec enthousiasme, posait des problèmes nouveaux

que la théorie doit résoudre ; et en effet, demanda Louis Lemery, si la combustion est due à la dissipation de la matière de la lumière, comment pourrait-on expliquer que ces chaux ne puissent brûler ? Ainsi l'opinion pour ainsi dire officielle que l'autorité de Boyle avait imposée et en France et en Angleterre, et qui opposait comme inverses la calcination et la combustion, rencontrait-elle des difficultés qu'elle ne savait comment résoudre ; il est vrai qu'à côté de cette opinion officielle, certains chimistes avaient proposé une théorie très différente qui n'eut point alors de succès.

De Jean Rey. — Un médecin de Bazas avait publié, bien avant que Boyle ne travaillât, un opuscule qui passa presque inaperçu, dans lequel il se proposait précisément de rechercher « la cause pour laquelle l'étain et le plomb augmentent de poids quand on les cacine ». « A cette demande, écrit-il, je réponds et soutiens glorieusement que ce surcroît de poids vient de l'air, qui, dans le vase, a été épaissi, appesanti, et rendu aucunement adhésif par la véhémente chaleur du fourneau ; lequel air se mêle avec la chaux... et s'attache à ses plus menues parties. »

L'on voit immédiatement qu'une telle interprétation ressemble énormément à celle que le génie de Lavoisier imposa à la chimie vers la fin du XVIII[e] siècle, et qui consiste à supposer que l'oxygène se combine au métal lors de toute combustion; ce n'est d'ailleurs qu'à cette époque que le livre de Jean Rey, dont on donna alors une nouvelle édition, attira l'attention du public... Mais au moment de son apparition, un tel travail ne pouvait parvenir à forcer

l'adhésion des chimistes ; et en effet, ceux-ci s'accordaient alors avec Van Helmont pour refuser à l'air tout rôle actif dans les réactions matérielles ; beaucoup d'entre eux croyaient que l'air est un corps absolument dénué de pesanteur ; et les quelques savants qui attribuèrent l'augmentation de poids des substances calcinées à l'addition d'un corps étranger (autre que la lumière) pensèrent avec Du Clos que cette substance était formée de particules sulfureuses disséminées dans l'air ambiant.

Non-identification de la calcination et de la combustion. — Il nous faut d'ailleurs remarquer qu'aucun des chercheurs dont nous avons précédemment parlé n'avait songé plus que Boyle à identifier la calcination des substances métalliques, aux combustions des huiles, des graisses et du soufre, qui sont en première apparence extrêmement différentes les unes des autres ; la découverte de l'analogie entre ces phénomènes, si hétérogènes à nos sens, fut une des sources de gloire de l'école Stahlienne que nous étudierons prochainement.

Nous ne pouvons songer ici à résumer même brièvement les recherches extraordinairement variées de Boyle, de ses disciples et de ses contemporains ; nous signalerons cependant que sous l'influence du maître qui avait su incarner dans son œuvre toute la pensée de son époque, la chimie ne se réclama bientôt plus que de la méthode expérimentale et de la philosophie mécanique ; toute théorie qui ne fit pas uniquement appel à ces deux seules sources de savoir que sont la raison et l'expérience fut condam-

née sans examen. Sans doute Boyle lui-même, dont les prolixes écrits sont tous consacrés à l'examen de quelque question spéciale, ne songea pas à codifier les nouvelles aspirations de la science; cela fut l'œuvre de Nicolas Lemery.

V

Nicolas Lemery

Son succès, ses tendances. — L'apparition du *Cours de Chimie,* écrit par Nicolas Lemery révéla au public cultivé une science absolument nouvelle et extrêmement intéressante ; le livre se vendit fort bien, autant, a dit Fontenelle, qu'un ouvrage de galanterie ou de satire ! Il fut traduit en anglais, en allemand, en espagnol, et les éditions françaises se succédèrent très rapidement.

Les causes de cet extraordinaire succès, d'ailleurs justement mérité, ne sont pas difficiles à démêler ; jusqu'alors les pharmaciens et autres artisans de la chimie ne divulguaient point le tour de main qui permet seul de réussir telle opération lucrative ; dans les livres qu'ils écrivaient, ils omettaient volontairement une partie de la manipulation ,ou encore ils décrivaient le travail de laboratoire d'une manière si énigmatique, que les non-initiés désespéraient d'y rien comprendre ; de nombreux charlatans profitant de ce demi secret qui enveloppait l'art chimique eurent des prétentions si outrées qu'ils éloignèrent des recherches expérimentales, les amateurs intelligents qui avaient le désir de le connaître ; contrairement à ces pseudo-savants, Lemery promettait à son futur disciple de l'instruire dans tous les détails concernant les préparations chimiques ; « je n'affecte pas, dit-il, d'être particulier en mes opérations ». Voici, en ce qui concerne la pra-

tique. La théorie de Lemery, elle aussi, diffère énormément de celle de ses prédécesseurs ; d'abord par sa présentation ; l'auteur ne fait aucun étalage d'érudition, ne cite jamais aucun autre chimiste, et par là il est immédiatement accessible au lecteur ignorant, ravi de pénétrer sans préparation difficile dans l'explication de faits qui lui paraissent étranges ; puis il répudie le mysticisme de Paracelse de Van Helmont, et d'une manière générale « les espèces de fictions, poétiques, vives, animées, agréables à l'imagination, inintellegibles et insupportables à la raison », dont la chimie d'autrefois se faisait gloire ! Les doctrines alchimiques, les théories qui basaient l'affinité des corps les uns pour les autres sur une certaine sympathie qui les obligeait à se rechercher, ou bien ne sont pas mentionnées, ou sont tournées en ridicule. Lemery, comme tous les penseurs d'alors, n'admet pas d'autre philosophie de la matière que la philosophie mécanique ; toute autre interprétation des phénomènes de la chimie, toute addition au mécanisme étant déclarée absurde, le professeur n'a d'autre but que de donner des faits une explication « intelligible ».

Or, on ne peut mieux expliquer la nature d'un corps quel qu'il soit « qu'en attribuant aux parties qui le composent des figures qui répondent à tous les effets qu'il produit ». Ainsi le goût aigre des acides, la figure anguleuse qu'ils prennent lors de leurs cristallisations démontrent que ses matières sont formées de particules pointues ; comme les alcalis font effervescence avec les acides, il faut en conclure que leurs particules sont poreuses, et que les pointes des acides peuvent pénétrer à l'intérieur ; comme le mercure est toujours liquide, il faut en

conclure que ses particules sont rondes, etc... Voilà le type de raisonnement dont Lemery a été l'apôtre, et qui s'est répandu grâce à son concours dans toute la chimie européenne ; aucune élaboration systématique ne s'interpose plus, grâce à lui, entre l'expérience de laboratoire que chacun peut reproduire et la connaissance théorique des faits observés ; aussi, toute l'attention des savants, au lieu de se distraire partiellement dans des spéculations compliquées, se portera-t-elle entièrement à la connaissance des réactions matérielles.

VI

Les Académies

Leur fondation. Leur rôle. — Vers la même époque se produisit un fait d'importance capitale, qui contribua lui aussi à la diffusion de la science chimique tout en accentuant encore son caractère expérimental ; nous voulons parler de la création des académies et autres sociétés savantes, qui, en Italie d'abord, en Angleterre, en France, en Allemagne, et dans les pays scandinaves ensuite, unirent les efforts des chercheurs qui précédemment travaillaient isolément.

Grâce à cette organisation, le savant ne s'obstinera plus à vouloir construire tout seul, le monument immense qu'est la science ; bien souvent, puisqu'il possède désormais de nombreux collaborateurs dont les découvertes petites ou grandes pourront s'ajouter aux siennes propres, son ambition se réduira à créer ou perfectionner tel chapitre spécial de la chimie.

Travaux des académiciens. — Un coup d'œil sur les travaux d'une quelconque de ces académies, celle de Paris par exemple, illustrerait cette vérité. Tout d'abord, ses membres chimistes voulurent, conformément à la mode d'alors, additionner les recherches concernant l'analyse des plantes utilisées en pharmacie ; ils distillèrent donc, ou encore soumirent à des traitements appropriés, les végétaux les

plus divers ; ils ne purent malgré leurs efforts mettre en évidence les principes spécifiques qui assurent la valeur médicamenteuse de la coloquinte, de l'ypecacuianha, de la rhubarbe, du pavot rouge, etc... Par ces décompositions poussées très loin, ce furent toujours les mêmes corps qui furent isolés : de l'eau, de l'huile, des résidus, terres, etc... de sorte que toutes ces analyses n'apprirent rien en définitive et servirent seulement à « détromper de ces mêmes analyses » ; et enfin à rejeter l'attention des chimistes des matières organiques où elle s'était d'abord fixée sur les matières minérales. Ce fut seulement alors, que la persévérance des expérimentateurs fut pleinement couronnée de succès et que leur science progressa ; ils étudièrent avec Homberg l'action du miroir ardent qui concentre les rayons du soleil sur les minéraux et les métaux ; ou encore avec Louis Lemery et le même Homberg quelle est la force respective des divers acides ; ils tentèrent avec Geoffroy de « recomposer le soufre commun par la réunion de ses principes, et d'en composer un nouveau par le mélange de semblables substances »; sans doute, ils crurent avoir par synthèse obtenu ce corps simple, et nous savons aujourd'hui qu'ils l'avaient seulement extrait d'un complexe dans lequel il était dissimulé. Pareillement avec Geoffroy encore, et après avoir constaté l'existence du fer dans les cendres de plantes paraissant n'en pas contenir, ils crurent l'avoir formé par synthèse et partirent de là pour bâtir un vaste système comme l'indique le titre de ce mémoire : « Eclaircissement sur la production artificielle du fer et sur la composition des métaux ». Mais là le travail en commun dissipa vite l'illusion qui aurait pu faire renaître l'es-

poir à peine éteint de la transmutation des métaux. Et les académiciens, un instant enthousiasmés, purent lire et répéter les travaux de Louis Lemery qui établit sans contestation possible « que les plantes contiennent réellement du fer et que ce métal entre nécessairement dans leur composition ».

Nous ne pouvons songer ici à ressusciter entièrement la vie scientifique d'une académie très prospère ; peut-être en avons-nous assez dit pour permettre d'entrevoir l'activité de ses membres, qui cherchaient à vérifier ou à prolonger les résultats obtenus par les autres académiciens ; l'on comprend alors sans peine que, contrairement à leurs prédécesseurs, les chimistes s'en tinrent uniquement aux problèmes soulevés par leur science et ne cherchèrent plus à pénétrer, comme le faisaient Van Helmont et Paracelse, dans le domaine réservé soit à la théologie, soit à la cosmologie ; de même, ils admirent sans discussion, sans même chercher à l'approfondir, la philosophie mécanique que Descartes et Gassendi avaient imposée à la science et qui paraissait alors évidente. Voici par exemple comment Homberg explique que le mercure, soumis à l'action du feu, se transforme en substance solide. « Les parties du mercure, étant devenues hérissées par le lardement de la matière de la lumière, nous pouvons nous les représenter comme des châtaignes couvertes de leurs coques vertes et hérissées qui se soutiennent les unes les autres plutôt que de rouler sur un plan incliné, comme elles feraient si c'étaient des boules rondes et polies ; et dans cet état le mercure n'est plus fluide, étant changé en poudre rouge »... On trouverait de semblables échantillons dans les mé-

moires ou écrits d'académiciens les plus divers, de Bellini, de Guglielmini, de Nehemiah Grew, de Louis Lemery, d'Hartsoeker, etc... Sous l'influence des académies, aussi bien que de Boyle et de Nicolas Lemery, le mécanisme et le travail de laboratoire devinrent les seules sources de connaissance ; et le célèbre médecin et chimiste, Frédéric Hoffmann put écrire l'axiome suivant : « Celui qui n'est pas instruit de la philosophie corpusculaire et expérimentale n'est qu'un empirique ou un orateur. »

VII

L'école allemande

Beccher et Kunckel. — Cependant les traditions anciennes n'étaient pas entièrement mortes, et en Allemagne notamment des chimistes justement célèbres continuèrent à y faire appel tout en utilisant aussi la philosophie mécanique ; nous voulons parler de Kunckel qui s'est brillamment distingué par ses découvertes expérimentales, notamment par celle du phosphore dont les propriétés étranges, la facilité avec laquelle il s'enflamme aussi bien que la luminosité dans l'obscurité, excitèrent alors une universelle curiosité ; et de Beccher pour lequel Stahl dont nous allons étudier les doctrines professait une admiration sans bornes.

Les théories de ces précurseurs, dont nous ne dirons que quelques mots, sont encore empreintes du mysticisme de la Renaissance; les deux auteurs commencent leurs ouvrages en commentant longuement les premières phrases de la Genèse, et espèrent convaincre leur lecteur, par des observations et des expériences nombreuses, qu'ils ne se sont point trompés dans l'interprétation des textes sacrés ; les deux auteurs discutent longuement l'œuvre de Van Helmont dont ils ne peuvent accepter la cosmologie erronée qui d'après eux fausserait l'histoire de la création ; nous n'insisterons pas sur les idées de Kunckel dont Stahl ne s'est guère inspiré... Beccher fait observer à plusieurs endroits de ses œuvres

que puisque la Bible ne parle pas de la formation première des minéraux, il faut en conclure que ces corps ont été primitivement ou des sous-produits ou des déchets d'êtres vivants ; et par là, il prépare une conception vitaliste du monde, de la chimie et de la médecine... En ce qui concerne les éléments, il affirme, contre l'opinion de Van Helmont, que l'eau n'est pas la seule substance matérielle des choses créées ; que, au commencement, la terre et l'eau se différencièrent du chaos, et que ce sont les diverses combinaisons de ces corps qui forment la grande diversité des matières que nous connaissons ; il ne nie pas d'ailleurs ce que Van Helmont semblait avoir établi d'une manière irréfutable, que l'air aussi soit élément ; mais il croit avec Van Helmont que cet air ne peut point entrer dans la composition des mixtes, et que par suite son rôle dans les réactions matérielles est purement physique.

La terre, malgré sa simplicité, se présentera aux physiciens sous trois espèces différentes qu'il faut soigneusement distinguer ; et ces trois sortes de terre ressemblent, par les qualités qu'elles imposent à leurs complexes, aux trois principes dont Paracelse avait fait la substance de tout corps. Et en effet, lisons-nous dans la*Physique souterraine,* « le premier principe des minéraux est une pierre en fusion ou une terre qu'on appelle proprement du *sel* ; le second principe des minéraux est une terre grasse improprement appelée *soufre* ; le troisième principe des minéraux est une terre fluide improprement dite *mercure* ». Ces trois terres, c'est encore une chose admise par Beccher, restent constamment semblables à elles-mêmes et passent sans jamais se modifier dans les trois règnes de la Nature.

La théorie de Stahl : I. Philosophie de la matière. — Stahl accepta, sans les discuter, les points fondamentaux de la doctrine de Beccher que nous venons d'indiquer dont il s'appliqua à préciser la signification expérimentale ou théorique, en même temps qu'il édifia une théorie de la matière nouvelle, mais s'inspirant judicieusement des opinions émises à ce sujet par d'autres philosophes et chimistes ; il passa au crible de la critique les systèmes des anciens et des modernes dont il retint une partie. Et d'abord, si à la suite de Beccher, qui avait fièrement proclamé que les « bons péripatéticiens étaient de mauvais chimistes », il repousse la théorie aristotélicienne des quatre éléments, il reconnaît pourtant que quoique ces soi-disant éléments ne sont pas les principes des choses, ce sont eux pourtant qui servent d'instruments aux transformations matérielles que la Nature et l'art peuvent produire. Stahl refuse également d'admettre, ainsi qu'Aristote et Descartes l'on pensé, que la matière soit divisible à l'infini; à cet égard, il est résolument atomiste; mais pourtant sa philosophie corpusculaire ne ressemble en rien à celle que Boyle après Gassendi avait introduite en chimie; et en effet, les insécables atomes ne peuvent être directement atteints par aucun moyen, et cela pour les deux raisons hétérogènes que voici : en premier lieu, ces particules indivisibles sont si exiguës, si petites que nous ne pourrons jamais espérer à l'aide même d'instruments perfectionnés parvenir à les rendre sensibles; en second lieu, ces particules ne restent jamais isolées, et elles ne se séparent d'un mixte que pour entrer dans la structure d'un autre mixte. Ces données admises, il en résulte que les figures des ato-

mes élémentaires que certains savants se sont plu à imaginer sont absolument inconnaissables, et que ceux qui ont voulu déduire les propriétés des corps les plus divers de ces figures supposées se sont livrés à de vaines et inutiles spéculations mathématiques. Et, en effet, qui ne voit que les formes géométriques étant en nombre infini, la théorie chimique pourrait alors découvrir un nombre infini d'éléments ? D'autre part, et avec la même énergie, Stahl combat la doctrine de l'unité de la matière, doctrine à laquelle aboutissent Van Helmont, Boyle et le mécanisme ; il reconnaît certes que tous les atomes, élémentaires ont des propriétés communes qui sont des propriétés mécaniques ; mais, il admet immédiatement que les diverses sortes d'atomes, outre leurs propriétés mécaniques, possèdent encore des qualités spéciales, intrinsèques ou absolues par lesquelles elles se distinguent les unes des autres ; ces diverses sortes d'atomes, sont d'ailleurs en petit nombre ; et chacune d'elles s'identifie avec un des corps simples dont Beccher avait admis l'existence ; mais, demandera-t-on, puisque nous ne pouvons pas isoler les atomes, comment reconnaîtra-t-on la présence de chacun d'eux dans tel complexe qui le dissimule ?

A cette question, l'on nous répondra, que s'il est vrai que nous ne pouvons percevoir directement ni l'atome élémentaire, ni l'atome mixte formé par la réunion d'atomes mixtes et élémentaires, nous pouvons du moins étudier comment se comportent physiquement et chimiquement les réactifs ordinaires qui sont des agrégats d'un grand nombre de ces atomes ; et à ces corps agrégés, les atomes élémentaires auront imposé leurs propriétés spécifiques.

L'élément de Stahl n'est donc pas ce que nous sommes habitués à nommer ainsi ; c'est un principe porteur de qualités, et ce n'est pas en l'isolant, mais en étudiant les propriétés qu'il impose aux complexes dans lequel il est dissimulé que nous parvenons à deviner sa présence. Ainsi la première terre ou terre vitrifiable est à certains égards considérée comme l'hypostase de la corporéïté ; elle forme la masse de presque toutes les matières et le feu la réduit en verre ; la deuxième terre ou terre sulfureuse se reconnaît à ce que les corps qui en sont formés sont susceptibles de brûler ; la troisième terre ou terre mercurielle, que personne n'a bien étudiee, cause d'après Beccher, la grande densité des métaux, ainsi que les propriétés spécifiques des animaux ou des végétaux, etc... Les particules de l'eau enfin se décèlent dans les matières qui sont naturellement humides ou qui se liquéfient facilement.

II. *L'affinité chimique.* — Ce n'est pas tout ; à ce procédé facile qui permet de déceler la réelle composition de certains corps que la chimie étudie s'en ajoute un autre infiniment plus puissant ; il est basé sur une sorte de notion psychologique que Beccher, Stahl et leurs disciples ont empruntée au mysticisme vitaliste de la Renaissance ; nous voulons parler de l'attraction du semblable pour le semblable ; les atomes de même espèce se recherchent mutuellement et provoquent par là une grande partie des phénomènes que la chimie étudie — « je crois, dit par exemple le chimiste, que nous ne nous tromperons pas en attribuant le plus

ou le moins de facilité que les métaux ont de s'unir au vif-argent à l'identité des particules métalliques avec les mercurielles. »

III. *La formation des sels.* — Pour nous rendre compte rapidement de la manière dont les chimistes Stahliens interprètent l'expérience, nous allons résumer brièvement leur théorie de la composition des sels, (classe comprenant les acides, les alcalis, les sels neutres). Ces corps sont composés disent-ils de terre et d'eau ; et cela se devine d'abord à leurs propriétés apparentes ; et en effet beaucoup de sels prennent une forme solide et sèche, ce qui prouve qu'ils contiennent de la terre; ils deviennent fluides sous l'action de la chaleur, ce qui établit très nettement que l'eau est un ingrédient de leur mixtion. Cependant, une telle manière de connaître ne peut mener très loin ; pour établir dans ses détails la vraie structure de chaque sel, nos chimistes invoquent sous le nom de *règle des affinités* la notion psychologique que nous venons d'exposer et qu'ils ne se chargent pas d'expliquer ; si la plupart des sels se dissolvent facilement dans l'eau, cela provient de ce que les molécules acqueuses contenus dans le sel et dans l'eau se cherchent mutuellement pour former un composé unique. Si l'acide vitriolique qui est le plus répandu des sels se combine avec les métaux, cela provient de ce que la terre vitrifiable qui entre dans la composition de chacune de ces substances, s'unit avec elle-même et entraîne les autres éléments ; mais l'acide vitriolique ou acide universel peut s'unir par sa terre vitrifiable aux deux autres terres de Beccher ; s'il s'unit à la terre inflammable,

il donne l'acide du nitre (nitrique) qui dissout les substances organiques saturées de cette seconde terre ; s'il s'unit à la terre mercurielle, il donne l'acide du sel marin (chlohydrique), qui peut s'unir de deux manières avec le mercure (dans le calomel et le sublimé), saturé de terre mercurielle, etc... Cet aperçu fait saisir que pendant la durée du prestige des doctrines stahliennes tous les chimistes se soient obstinés à transformer les acides les uns dans les autres et aient été surpris de l'échec de leurs tentatives.

La place nous manque pour examiner ici les détails de la théorie de la formation des sels qui jouït pendant quelque temps de la confiance des chercheurs, mais qui souleva vite des doutes ; il nous faut arriver promptement à la doctrine du phlogistique, qui parut si évident pendant un demi-siècle, jusqu'au brillant succès de Lavoisier, que son nom seul a suffi à assurer la gloire de Stahl.

IV. *Le phlogistique.* — Le nom de *phlogistique* ou *phlogiston,* terme grec désignant le feu, avait été donné par Stahl à la deuxième terre de Beccher, que l'on appelait couramment terre sulfureuse ou inflammable ; par cette nouvelle dénomination, le grand chimiste espérait éviter quelques-unes des confusions qui s'étaient introduites dans les travaux de ses prédécesseurs ; et, en effet, il s'est proposé d'établir que cet élément qui cause l'inflammabilité n'est, ni un être métaphysique sans aucune réalité matérielle comme quelques-uns l'ont pensé, ni un soufre grossier ainsi que beaucoup se le sont imaginé, mais une véritable terre concrète et sèche que

l'on n'a certes jamais pu isoler, mais dont la chimie établit les propriétés.

Identification de la calcination et de la combustion. — En quoi consiste, demandera-t-on, puisque le soufre principe ou la terre inflammable était connu depuis longtemps, la découverte à laquelle reste attaché le nom de Stahl ? Eh bien, il a le premier observé et prouvé d'une manière irréfutable ce qu'avant lui on ignorait : que la calcination d'un métal est, malgré l'apparence contraire, un phénomène analogue à la combustion des diverses substances organiques ; que la chaux métallique peut être considérée comme la cendre d'un métal brûlé ; et que la combustibilité de corps tels que le suif ou la graisse peut être transportée à la chaux métallique qui devient alors métal. C'est en regardant les métallurgistes travailler qu'il fut mis sur la voie de cette théorie, comme il prend soin de l'indiquer lui même dans la page suivante.

« On n'a qu'à aller chez un fondeur d'étain lorsqu'il fait fondre de l'étain à un grand feu de charbon au point que ce métal fondu allume un morceau de papier ; il se forme bientôt une pellicule à sa surface, et lorsqu'on l'enlève, il ne tarde point à s'en former une nouvelle qui, à mesure qu'on ira en avant, ressemblera plus à de la poussière ou à de la cendre. Si l'on met peu ou beaucoup de cette cendre dans un creuset et qu'on l'expose même au feu le plus violent sans y faire tomber aucun charbon, elle n'en souffrira aucune altération... D'un autre côté, si lorsque cette cendre est encore à la surface de l'étain fondu, on y joint soit de l'huile, soit de la

poix, soit une résine tirée des végétaux, soit une autre graisse tirée des animaux, qu'on remue le tout avec un bâton, cette cendre se fondra de nouveau et se réunira au reste de l'étain de manière qu'on n'en apercevra plus la moindre particule. »

Les objections auxquelles Stahl répond victorieusement. — On observerait un résultat similaire si on travaillait sur le plomb ou sur d'autres métaux usuels. Cela n'établit-il pas sans contestation possible que le métal, l'étain par exemple, brûle sur un feu de charbon, et que la cendre ainsi obtenue peut s'emparer de la partie combustible de la graisse ou de la poix, pour se transformer à nouveau en métal revivifié ? Cela n'établit-il pas de même que cette partie combustible ou phlogistique qui peut, le cas échéant, être transportée d'un corps à l'autre, est une véritable matière ? Et par suite, cela n'établit-il pas que, dans toute combustion de corps organique, il y a dissipation de ce phlogistique matériel ? Mais alors, demandera-t-on, que devient le phlogistique qui disparaît lors de toute combustion ? Stahl ne peut admettre un instant qu'une substance matérielle soit véritablement détruite lors d'une réaction chimique; le phlogistique, dit-il, se répand dans l'air environnant, et la preuve en est que la combustion s'arrête faute d'air dans les tubes fermés... Une telle explication suffit-elle à satisfaire le chimiste ? Pas tout à fait, et les disciples de Stahl prévoient deux objections à la doctrine. En premier lieu, demandent-ils, que devient le phlogistique dont l'atmosphère se sature ? A cette question Stahl répond que les plantes ont besoin de ce phlogistique pour vivre,

qu'elles l'enlèvent à l'air environnant pour se l'incorporer à elles-mêmes, que la matière des plantes réagit ensuite avec la substance animale (puisque les animaux se nourrissent de plantes) et avec la matière minérale à laquelle elle rend le phlogistique ; il n'y a donc pas perte de substance, mais circulation perpétuelle, ou si l'on préfère « cycle du phlogistique », et ainsi se trouve résolue la première objection. En second lieu, demandent les chimistes, comment peut-on expliquer que le plomb et l'étain perdent du phlogistique quand on les calcine, et pourtant augmentent de poids ? A cette question qui aujourd'hui apparaît primordiale, Stahl ne fait aucune réponse, Juncker se perd dans des dissertations sur « le poids spécifique et le poids absolu », et Spielmann, qui ne sait que dire, passe la parole au physicien... Nous verrons plus tard comment les partisans de la doctrine ont cru avoir surmonté cette difficulté. Remarquons simplement ici que le transport d'une qualité telle que la combustibilité paraissait alors, être un signe non équivoque du transport de substance matérielle ; par suite, que s'il y avait là un obstacle à surmonter, la théorie ne semblait pas être en danger par un échec de cet ordre.

Nous devons ajouter encore que les chimistes ne savaient encore capter les gaz qui se dégagent lors de toute réaction chimique, que, alors, ils n'y songeaient même pas, et qu'en conséquence ils attachaient moins d'importance que nous aux indications des pesées. C'est ainsi que l'augmentation de poids des métaux lors de la calcination parut une anomalie bizarre qu'un hypothèse accessoire judicieusement choisie ferait certainement disparaître.

Quand le bois ou le charbon brûlent, les cendres pèsent certainement beaucoup moins que le combustible primitif. Stahl croit qu'il en est de même quand les produits de la combustion se dégagent entièrement sous forme de vapeurs ; c'est ainsi que le soufre, qui une fois enflammé, laisse échapper de l'acide sulfurique volatil, serait théoriquement composé de cet acide et de phlogistique ; la preuve expérimentale en est, que si à l'aide du charbon, l'on parvient à restituer à cet acide le phlogistique dont il a été privé, on obtient un soufre régénéré ; par ces exemples et un grand nombre d'autres que nous ne pouvons mentionner, la nouvelle théorie paraissait alors solidement établie.

VIII

L'influence de Newton

Théorie newtonienne et affinité. — Sur bien des points, nous l'avons vu, les différentes parties de la doctrine stahlienne s'opposaient aux affirmations de la philosophie mécanique, seules admises par Boyle et Lemery ; les chimistes purent craindre que par l'attribution aux atomes de propriétés spécifiques, aussi bien que par la règle des affinités, l'on cherchât à réintroduire dans leur science quelques-unes des superstitions de l'ancien temps que la saine raison avait fait effort pour chasser. Ces affinités, ces propriétés ne ressemblent-elles pas d'une manière frappante aux qualités occultes qui remplissaient les vieux traités de physique et que les cartésiens ne regardaient qu'avec horreur ?

Newton et la 31e *question de l'optique.* — Cependant, une résistance très vive des mêmes cartésiens ne put empêcher le triomphe de la théorie de la gravitation universelle, que le génie de Newton sut alors imposer à tous ; cette théorie, sur laquelle nous ne devons pas nous étendre, attribuait à toute masse matérielle, outre ses propriétés mécaniques dont personne ne songeait à douter, une faculté extra-mécanique d'attirer à distance toute autre masse matérielle. En ce qui concerne les astres, qui malgré leur immensité sont prodigieusement éloignés les

uns des autres, le cœfficient d'attraction est toujours le même, proportionnel directement à la quantité de matière, et inversement proportionnel au carré de la distance... Mais peut-être, dirent les chimistes qui placèrent leur science sous l'autorité de Newton, le cœfficient d'attraction n'est-il pas constant dans le monde moléculaire, les particules étant alors très rapprochées les unes des autres. Et, d'ailleurs, le maître n'a-t-il pas proposé, dans la 31e question de son optique, sous une forme imprécise il est vrai, de chercher dans les attractions spécifiques, l'explication de toutes les réactions que la chimie étudie... Ses compatriotes Keill et Freind utilisèrent alors ces indications assez vagues pour construire, le premier une théorie mathématique du phénomène chimique quel qu'il soit, l'autre un corps de chimie qui soit d'accord avec la nouvelle manière de voir.

La table des rapports de Geoffroy. — Mais dans cet ordre d'idées le travail le plus admiré fut la *Table des rapports observés en chimie entre différentes substances,* que le chimiste Geoffroy présenta à l'académie des sciences de Paris. Bien entendu, et pour ne pas effrayer les cartésiens qui n'auraient pas supporté les mots *affinité* ou *attraction,* Geoffroy ne prétend rien expliquer et présente les résultats de ses recherches comme de simples règles expérimentales ; or, il semble bien difficile au praticien de nier que les substances métalliques, les acides, les alcalis, les soufres, les résines, ne soient douées de propriétés spécifiques qui semblent leur permettre de choisir les corps avec lesquels ils s'uniront de préférence à tels autres. Jusqu'alors les

chimistes se contentaient de noter ces réactions diverses apparemment hétérogènes ; et Geoffroy semble être parvenu à les ranger toutes sous un point de vue unique, qu'il présente sous la forme d'une loi générale : « Toutes les fois que deux substances qui ont quelque disposition à se joindre l'une avec l'autre se trouvent unies ensemble, s'il en survient une troisième qui ait plus de rapport avec l'une des deux, elle s'y unit en faisant lâcher prise à l'autre. » Ce principe une fois admis projette une lumière brillante sur le chaos de faits disparates qu'il permet de classer conformément à leur nature et même il peut devenir « en quelque sorte prophétique ». Le chimiste, en l'utilisant, prévoit ce qui arrivera si l'on essaye de mélanger tels réactifs que l'on n'avait pas encore mis en présence. Nous ne pouvons malheureusement entrer dans les détails techniques de ces remarquables travaux, dire par exemple comment Geoffroy rendait compte de la formation des divers sels métalliques ; sans doute le programme de l'auteur n'a-t-il pu être réalisé d'un coup et le XVIIIe siècle tout entier s'est appliqué à corriger sur quelques points ou même à refondre à nouveau la table des affinités ; ce fut même encore le but poursuivi par Bergmann dans son célèbre traité des *affinités électives.*

Alliance entre Stahl et Newton. Sénac. – Geoffroy proposait timidement, et apparemment sans prétendre atteindre la véritable explication des phénomènes, sa table des rapports chimiques ; mais bientôt, et sous l'influence du brillant succès de la théorie de la gravitation universelle, les chercheurs s'enhar-

dirent et introduisirent, même dans l'enseignement, les affinités et les attractions. Sénac publia un *Cours de chimie suivant les principes de Newton et de Stahl* qui devait succéder dans l'estime publique au traité de Lemery et dans lequel le magnétisme qui rapprochait par son action mystérieuse les molécules d'or et d'eau régale qui s'unissent en réagissant, remplaçait le mécanisme qui, d'après Boyle et Lemery, expliquait la même réaction en invoquant les figures des molécules ; sans doute l'ouvrage de Sénac s'inspire-t-il à y regarder de près plus de Stahl que de Newton. Et l'autorité du grand savant anglais semble surtout être invoquée pour gagner la confiance des étudiants qu'un reste de préjugé cartésien tenait encore éloignés des doctrines non mécaniques.

IX

L'œuvre de Bœrhaave

Cependant, à mesure que la science expérimentale progressait et que la difficulté de rendre compte de chaque réaction en imaginant des particules rondes, pointues ou oblongues, se faisait sentir, les scrupules cartésiens et mécanistes disparurent de l'esprit des chercheurs ; et le traité de chimie du célèbre médecin hollandais Bœrhaave, qui aspirait d'une part à exposer clairement la plupart des faits connus, d'autre part à les expliquer par une théorie des affinités modelée sur la philosophie newtonienne, fut bientôt adopté par toutes les écoles de l'Europe ; cet ouvrage fut traduit en anglais, en français et même en allemand.

Généralités. — Dans une première partie qui sert d'introduction, l'auteur explique ce qu'est la chimie, quels sont ses usages et fait rapidement une revue d'ensemble des corps animaux, végétaux et minéraux ; il sest proposé tout spécialement de rechercher ce qu'il y a de vrai dans les doctrines des alchimistes et il a constaté que le mercure coulant, malgré les prétentions des adeptes, peut rester des mois, et même des années, sur le feu sans jamais se modifier et donner naissance à des métaux précieux, de l'argent ou de l'or ; il ne croit pas pourtant que les métaux soient des corps simples ; il admet en effet

que les métaux sont composés de deux principes qu'il est impossible d'isoler : l'un qui caractérise l'état métallique et qui cause leur grande densité, l'autre qui caractérise chaque métal et le force à être or, argent, cuivre, etc.

Le feu. Corps dénué de pesanteur. — La suite du traité est consacrée à étudier les quatre éléments des anciens qui, dit-il, sont les corps simples les plus répandus dans la nature bien qu'ils ne soient pas les seuls. Le *Traité du feu* est véritablement admirable, et bien souvent en le lisant on pressent le fluide calorique de Lavoisier... Le feu est, d'après Bœrhaave, la substance matérielle qui s'interpose entre les corpuscules des autres corps pour les forcer à se dilater; le thermomètre permet de mesurer approximativement sa quantité. Contrairement à tous les autres corps, le feu n'est point doué de pesanteur ; il n'est attiré par rien, il n'attire rien, la chimie n'a aucun moyen de rassembler ses particules, il n'existe pas de corps qui s'échauffe en s'emparant de la chaleur des autres corps se refroidissant alors, en un mot, « il n'y a pas d'aimant du feu ».

Théorie de la combustion. — Bœrhaave aborde ensuite l'étude de la combustion ; le corps combustible par excellence, d'après sa théorie, est l'alcool qui brûle sans laisser de cendres ; cependant, si l'on fait l'expérience dans une cloche, l'on constate qu'une grande quantité de vapeur d'eau se condense au contact du verre. De là à conclure que l'alcool est composé d'une matière éminemment combustible (qui au contact de la flamme se dissipe dans l'at-

mosphère) mêlée à de l'eau insipide, il n'y a qu'un pas que Bœrhaave a franchi ; puis il a généralisé cette manière de voir à toutes les substances inflammables. Est-ce à dire que le grand savant soit partisan de la doctrine du phlogistique ? Malgré la similitude apparente de sa théorie de la combustion et de celle de Stahl, nous devons affirmer le contraire : et en effet, bien que les deux chimistes s'entendent pour n'attribuer à l'air qu'une sorte d'action de présence, Stahl a découvert que la calcination des métaux est une sorte de combustion, ce que Bœrhaave a expressement nié ; il semble à ce dernier que la chaux métallique n'est autre que le métal même pulvérisé par la chaleur.

Théorie de la réaction chimique. — Après avoir étudié l'air, l'eau et la terre sur lesquels nous ne nous étendrons pas, Bœrhaave consacra un long chapitre aux menstrues ou dissolvants ; et c'est là que nous trouverons l'expression de sa doctrine concernant les affinités.

Et d'abord, il ne croit pas que l'on parvienne jamais à donner une explication purement mécanique de la réaction chimique ; sans doute, dans toute dissolution, les molécules du solvant entraînent-elles dans leur mouvement les molécules du soluble; sans doute, soluble et solvant qui s'unissent pour former un corps unique, conservent-ils, malgré l'apparence, chacun leur nature propre, et ne sont-il qu'accolés. Tout cela est admis par le mécanisme de Boyle ou de Lemery. Mais la cause qui provoque ce phénomène est de toute autre nature. « Il y a, dit Bœrhaave, entre chaque particule d'or et chaque particule

d'eau régale, une vertu qui fait qu'elles s'aiment, s'unissent et se retiennent réciproquement... » Ce langage métaphorique et poétique ne doit pas faire illusion ; l'auteur ne cherche pas à renouveler les superstitions mortes des siècles passés en attribuant un sentiment quel qu'il soit au réactif, mais cherche simplement une notation expressive du phénomène qu'il décrit. « Ainsi, ajoute-t-il, il ne faut pas avoir recours ici à des propulsions violentes, ou à quelque antipathie naturelle, mais plutôt à une espèce d'amitié si l'on peut donner ce nom à une tendance à l'union. »

Spécificité de la réaction chimique superposée à l'attraction newtonienne. — Si l'on se trompe en attribuant « au pouvoir mécanique une efficacité plus grande que celle que l'auteur de la Nature a trouvé à propos de lui accorder », si l'on ne doit pas hésiter à utiliser la loi d'attraction universelle le cas échéant, cette loi même est reconnue insuffisante à rendre compte des phénomènes si étranges, si imprévus que sont les dissolutions, les cristallisations, les précipitations spécifiques de chaque substance chimique ; ces substances ont en effet leurs attractions spéciales comme Bœrhaave le reconnaît au début du traité des menstrues. « L'ordre veut, dit-il, que je fasse à présent l'examen de ceux qui opèrent par un pouvoir qui leur est particulier et non par ces facultés que le Créateur a distribuées également dans tous les corps. »

Nous ne pouvons malheureusement suivre l'auteur dans tous les détails qu'il donne sur les acides, les alcalis, les sels neutres et autres substances étudiées

au laboratoire... Signalons seulement que si la doctrine attribuant à chaque corps des affinités spéciales fut en fait acceptée par tous, elle ne pouvait cependant satisfaire les aspirations de son époque qui voulait ramener à un point de vue unique toutes les diversités de la nature. Buffon n'eut que des sarcasmes pour ces petites lois d'affinité, et il proposa hardiment aux chimistes, comme programme, de déduire toutes les réactions de la seule loi d'attraction universelle. Sans doute, pour qu'un tel rêve puisse se réaliser fallait-il attribuer aux atomes des différents corps des figures variées et immuables qui pourraient en quelque sorte entrer en ligne de compte dans l'appréciation des distances ; et cette condition parut impossible à réaliser, aussi bien à Guyton de Morveau, qu'à Macquer et aux autres savants. Lavoisier évita avec soin le problème des affinités que Beccher et Stahl, Newton et Bœrhaave, n'avaient pu éclairer complètement, et qu'étudièrent alors expérimentalement Bergmann et Berthollet.

Autres travaux

Divers travaux expérimentaux. — Pendant tout le XVIIIe siècle. les recherches expérimentales aboutirent à des découvertes remarquables dont l'accumulation changea peu à peu la face de la chimie ; il serait fastidieux de nommer les travailleurs consciencieux à qui pourtant, nous devrions payer un tribut de reconnaissance. Citons-en cependant quelques-uns : Gellert, Lehmann, Pott, Margraff, ainsi qu'une pléiade de chimistes allemands faisaient progresser l'art de la métallurgie, en même temps que d'autres chimistes découvraient des métaux nouneaux. Le nickel fut isolé par Arvidson et Cronstedt, le cobalt par Brandt et Bergmann, le platine par Wood et Scheffer. Margraff a le premier étudié l'acide phosphorique, Rouelle travaillait sur les sels neutres, etc., etc...

Manuels d'enseignement de la chimie. — D'excellents professeurs réussirent alors à rendre la théorie chimique accessible à leurs nombreux élèves. Le cours de Juncker n'a d'autre but que de répandre les doctrines sthaliennes, et il est infiniment plus clair que les ouvrages du maître. Celui de Spielmann, d'inspiration semblable, est en outre un excellent guide pour la pratique du laboratoire ; celui de Macquer, savant de grande réputation qui sut com-

biner de manière originale et élégante les influences de Stahl et de Bœrhaave, eut un succès mérité aussi bien pour l'élégance du style que pour la clarté lumineuse de l'exposé ; c'est encore une joie, aujourd'hui, de relire les *Eléments de chimie théorique* et les *Eléments de chimie pratique* que l'auteur publia d'abord, ou de feuilleter le *Dictionnaire de chimie* qui parut un peu plus tard et fut constamment remanié pour être au courant des progrès de la science ; les articles rangés par ordre alphabétique, sont cependant si vivants, qu'ils laissent transparaître comme l'état d'âme d'une époque dont la curiosité inquiète cherchait dans tous les petits et les grands problèmes posés à propos des réactions matérielles l'occasion de s'exciter ou de se satisfaire.

XI

La découverte des gaz

Les premiers travaux concernant les corps gazeux. — Ce qui, au cours du XVIII[e] siècle, prit une importance prépondérante et finit par transformer complètement la face de la science, fut l'essor de la chimie pneumatique ou étude systématique des divers *gaz*. Le mot avait été imaginé par Van Helmont et signifiait primitivement l'ensemble des fluides aériformes qui cependant ne sont pas de l'air ; mais le savant flamand n'avait pas cherché à les étudier avec précision. Il semble pourtant que dès son époque certaines effervescences gazeuses auraient été signalées. Boyle, en tous cas, a remarqué l'inflammabilité des vapeurs qui se dégagent spontanément dès que l'on introduit du fer dans l'acide du sel marin (chlorhydrique, le gaz étant l'hydrogène). Quelques expériences sur les gaz ou substances aériformes capables de se fixer dans les corps ou de se répandre dans l'atmosphère ont été entreprises systématiquement par Mayow et surtout par Hales ; mais ces travaux restent imprécis, et comme le dit M. Stillmann, ont plutôt inspiré qu'instruit les chimistes qui ont succédé à ces savants.

C'est qu'en effet tant que les fluides aériformes ne furent pas systématiquement isolés et pesés, leurs propriétés et leurs rôles dans les diverses réactions

1. P. 463.

pouvaient passer inaperçus. Quelques chimistes même purent négliger leur existence. C'est ce que montrera une dispute mémorable que nous allons brièvement rapporter.

Meyer et l'acidum pingue. — Un savant chercheur, Meyer, s'est proposé, vers le milieu du XVIIIe siècle, d'expliquer comment il se fait que la pierre à chaux, qui n'est aucunement caustique, se transforme en chaux, qui l'est extrêmement, et cela sous l'action du feu. Il supposa donc que la calcination du calcaire a eu pour effet d'ajouter à ce calcaire, une substance spéciale qui lui impose sa qualité de corrosivité ou de causticité ; il ne se soucia pas d'isoler expérimentalement ce principe de la causticité dont sa théorie avait, semble-t-il, dévoilé l'existence, mais il proposa spéculativement de déterminer sa nature; puisque, pense-t-il, les substances corrosives ou les acides forts brûlent en quelque sorte les corps organiques qu'ils touchent, ce principe sera un complexe formé de particules de feu combinés avec des particules d'acide ; d'où Meyer tira son nom *acidum pingue* que son disciple et admirateur Baumé transforma en *causticum.*

Black et la découverte de l'acide carbonique. — Or, à la même époque, Black étudiait expérimentalement la calcination de corps que nous appelons aujourd'hui, carbonate de magnésium et carbonate de calcium, mais dans des appareils clos capables de retenir tout ce que le feu enlève à ces pierres ; il a constaté d'abord que le calcaire peut se transformer en chaux sans le concours de l'air extérieur ;

ensuite que, pendant cette opération, il se dégage une substance gazeuze dont la chaux ne conserve plus de trace une fois la calcination terminée ; il en a conclu avec sagacité que la pierre calcaire est un mixte dans la composition duquel entre la chaux vive et ce gaz, ou *air fixe*.

La réfutation de la théorie de Meyer. — Or, les théories opposées, celle de Black et celle de Meyer, ont ceci de remarquable qu'elles paraissent toutes deux plausibles à celui qui examine superficiellement les faits qu'elles font effort pour expliquer. C'est donc l'expérience seule qui fut chargée de départager les chimistes d'opinions opposées. Les travaux de laboratoire entrepris avec une sage technique par Jacquin, par le duc de La Rochefoucauld, plus tard par Priestley et Lavoisier, confirmèrent absolument les conclusions de Black et établirent à coup sûr, dit Macquer, « que la chaux et les alcalis ont toute leur causticité quand ils sont dépouillés de ce gaz (l'acide carbonique), et qu'ils perdent leur causticité lorsqu'on les en sature ». C'est donc bien à l'absence de ce gaz, de cet air fixe, que la causticité est due ; Black a triomphé avec éclat de son rival dont l'hypothèse élégante s'est montrée là insoutenable... Dès que l'on a su avec précision isoler les substances aériformes, le fantôme de *l'acidum pingue* évoqué par Meyer pour expliquer la causticité s'est évanoui dans le néant.

Remarquons en passant que l'*acidum pingue* avait un instant fait croire au chimiste que la cause de la causticité était enfin déterminée, alors que Black et ses disciples ont dû se résigner à ignorer pourquoi certaines substances sont caustiques. De même,

verrons-nous plus tard, la théorie de Lavoisier, en détruisant le phlogistique, a dû laisser sans réponse le problème suivant : « Pourquoi certains corps sont-ils combustibles, d'autres non combustibles ? » Le rapprochement entre la courte dispute soulevée par Meyer, et la « révolution chimique », provoquée par Lavoisier, est encore intéressant à un autre point de vue. Quand Jacquin en effet a voulu détruire par un argument décisif la théorie de l'*acidum pingue*, il a montré que la chaux obtenue par la calcination du carbonate est moins pesante que le carbonate primitif, ce qui établit sans conteste que le carbonate, loin de gagner quelque substance, a au contraire perdu de sa matière au cours de la réaction chimique ; cela suffit pour lui gagner l'adhésion de tous les chimistes et détruire une hypothèse qui n'était pas encore parvenue complètement à s'imposer. Quand Lavoisier a voulu ruiner par un argument décisif la doctrine du phlogistique, il a (nous reviendrons plus tard sur ce fait), montré que tous les corps augmentent de poids lorsqu'ils brûlent, même quand ils se transforment en gaz ; ce qui prouve sans conteste possible que la combustion est un phénomène d'addition et non de soustraction comme on le croyait autrefois et comme Stahl semblait l'avoir établi ; mais le grand chimiste se heurta d'abord à une violente résistance ainsi que nous allons le montrer.

Précis des principales découvertes concernant les corps gazeux. — Mais auparavant, il nous faut dire quelques mots des travaux expérimentaux par lesquels des chimistes de grande valeur étaient parvenus à isoler, puis à étudier chimiquement de très

nombreux corps gazeux. Nous ne pouvons songer à faire un récit complet de leurs travaux et les quelques mots que nous leur consacrerons ne seront destinés qu'à expliquer la succession des idées que les découvertes ont fait naître.

Pour empêcher ces gaz de se répandre dans l'atmosphère, l'expérimentateur les recueillait dans une vessie qu'il bouchait ensuite soigneusement dès qu'elle était gonflée, ou encore dans des tubes retournés pleins d'eau ou de mercure chassés par les fluides aériformes. Grâce à ces méthodes de jour en jour perfectionnées, il fut possible de distinguer les divers gaz que Hales croyait encore semblables à l'air ; Macbride (1766) établit d'abord que les fermentations, tout comme les calcinations des carbonates, produisent de *l'air fixe,* puis détermina avec plus de précision que Black les propriétés de ce nouveau corps.

De semblables travaux furent entrepris vers la même date (1766) par Henry Cavendish, qui lut une série de mémoires sur les airs factices devant la *Royal Society* ; mais à des expériences sur l'air fixe, il en joignit sur *l'air inflammable* (hydrogène), qu'il avait obtenu en dissolvant du zinc, du fer ou de l'étain dans des acides étendus (chlorhydrique ou sulfurique) ; il remarqua que ce gaz qui brûle si facilement était beaucoup moins dense que l'air ordinaire, et il l'assimila très rapidement au phlogistique qui s'échappe aussi des métaux lors de leur calcination.

En 1772, Rutheford, élève de Black, découvrit l'existence de l'azote qu'il isola de la manière suivante ; il débarrassa l'air de tout produit de la combustion, en faisant brûler les corps organiques, puis

il fit absorber l'air fixe et la vapeur d'eau par des alcalis ; le résidu (azote), est d'après lui un corps phlogistiqué incombustible, aucun autre corps ne pouvant s'emparer de son phlogistique, pour donner une nouvelle combinaison ; peu après Cavendish et Priestley découvrirent et étudièrent aussi ce même gaz.

Vers 1773, Scheele, dont les découvertes furent extrêmement nombreuses, parvint à isoler le chlore en faisant réagir de l'acide du sel marin (chlorhydrique) et de la magnésie noire (bioxyde de manganèse) ; par cette réaction il crut être parvenu à déphlogistiquer l'acide du sel marin. En même temps il découvrit l'oxygène qui se dégage du bioxyde de manganèse ou de l'oxyde rouge de mercure exposés à un feu violent ; il supposa que cet air dans lequel les corps brûlent remarquablement vite contient un phlogistique qui se dissipe lors de toute combustion, et il appela ce gaz, *air du feu* ou *air comburant*.

La même année, Priestley, l'homme le plus habile de l'Europe dans l'art de manipuler les gaz, et dont la réputation était constamment grandissante, découvrit aussi l'oxygène en décomposant par le feu l'oxyde rouge de mercure ; ce gaz dans lequel les corps brûlent plus facilement que dans l'air ordinaire, est pour lui un *air déphlogistiqué ;* la combustion des corps lui rend son phlogistique et l'empêche par suite d'entretenir à nouveau la combustion.

Enfin, en 1775, Lavoisier étudie à son tour l'oxygène et parvient à démontrer que c'est ce gaz qui se combine aux métaux lors de leur calcination et augmente leur poids.

Les travaux de tous ces savants, ainsi que ceux de

Bergmann, contribuèrent à établir quelle est la véritable composition de l'air atmosphérique que les anciens avaient pris pour un être simple; ils recherchèrent aussi chacun de leur côté à isoler les gaz, produits de la combustion du gaz inflammable ; en 1777, Waltire et Priestley découvrent qu'il se forme une buée lorsque ce gaz brûle, observation confirmée par Macquer ; en 1783, ou même un peu avant, Cavendish démontre expérimentalement que la combinaison de l'air inflammable (H) et de l'air déphlogistiqué (O) produit de l'eau pure ; et parmi d'autres hypothèses, il proposa de ce fait l'interprétation suivante : l'eau n'est pas un corps simple comme on l'a cru jusqu'à présent ; mais elle est formée par la combinaison de l'air inflammable et de l'air déphlogistiqué qui entretient la combustion de l'air inflammable ; mais cette explication peut-être un peu paradoxale ne lui semble pas assurée et ses conclusions sont empreintes d'une certaine hésitation.

A la même époque, Lavoisier, aidé de Laplace, fit brûler de l'air inflammable (H) dans de l'air du feu (O) et obtint par cette combustion de l'eau tout à fait pure ; ce qui démontra d'après lui, et cela de manière à ne laisser la place à aucun doute, que l'eau est un corps composé ; et Monge parvint à déterminer les poids réciproques des deux constituants de l'eau.

La plupart des chimistes cependant n'admirent pas sans résistance que l'eau n'est pas un corps simple ; quelques-uns d'entre eux pensèrent, ainsi que Cavendish l'avait insinué, que «l'eau se produit par l'union de l'air déphlogistiqué (O) avec le phlogistique ; et l'air inflammable (H) peut être regardé,

soit comme de l'eau unie au phlogistique, soit comme du phlogistique pur ». En continuant à réfléchir sur le problème ci-dessus, Cavendisch expérimentait sur d'autres corps ; il découvrit bientôt que l'azote est un des constituants de l'acide nitrique, en même temps que Berthollet établissait la présence de ce gaz dans l'ammoniac.

Nous ne pouvons, dans ce court aperçu, insister sur les découvertes faites par tous ces savants, notamment par Priestley et par Scheele, qui furent d'une habileté expérimentale prodigieuse; nous ne pouvons non plus tenter de déterminer la date exacte de chaque trouvaille dont plusieurs chimistes réclamaient jalousement la priorité ; ce problème est d'ailleurs plus intéressant pour le biographe soucieux de déterminer exactement quelle part de gloire revient à chaque savant dans l'élaboration de telle découverte de fait, que pour l'historien de la science qui cherche à montrer quels progrès la collaboration de tous les chercheurs ont fait faire à la chimie à l'époque privilégiée que nous étudions en ce moment. Nous aurons d'ailleurs l'occasion de revenir sur la plupart des auteurs cités en étudiant la transformation que Lavoisier sut imposer à la doctrine chimique.

XII

L'œuvre de Lavoisier

Les énigmes de la théorie du phlogistique. — Nous avons vu précédemment que le génie de Stahl avait su identifier la combustion des corps organiques et la calcination des métaux; nous avons vu également que cette découverte fut considérée comme acquise pendant toute la durée du XVIIIe siècle, en même temps d'ailleurs que l'hypothèse du phlogistique destinée à expliquer ces phénomènes apparemment si divers fut accueillie comme une vérité jusqu'à l'époque de Lavoisier.

Cependant la doctrine Stahlienne laissait une énigme à résoudre. Pourquoi, demandait-on, les chaux métalliques, qui ne sont cependant que des métaux privés de phlogistique, sont-elles plus pesantes que les métaux qui possèdent du phlogistique? A cette question Guyton de Morveau répondit que le phlogistique a probablement un poids négatif, qu'il rend par suite plus léger les corps dans lesquels il entre comme ingrédient constituant ; cette solution, il faut le reconnaître, ne fut pas admise par la majorité des chercheurs. Le P. Beraud déclara que la calcination des métaux diffère des combustions ordinaires en ce qu'elle est un phénomène de double décomposition ; par la calcination donc les métaux brûlent et perdent leur phlogistique, mais aussi ils absorbent de l'air extérieur plus pesant que le phlogistique : de là leur augmentation de poids.

Lavoisier voulut lui aussi résoudre le problème proposé, mais sous une forme beaucoup plus générale que l'on ne l'avait fait jusqu'alors. Est-il vrai, se demanda-t-il, que les métaux soient les seuls corps qui augmentent de poids lors de leur combustion ? Ou bien, ne verrait-on pas qu'à cet égard tous les combustibles sont semblables aux métaux, si l'on recueillait les gaz qui s'échappent de la plupart des corps qui brûlent ?

La découverte fondamentale de Lavoisier. — L'expérience ayant répondu « oui » à cette question préliminaire, Lavoisier déposa en 1772 le pli secret suivant à l'Académie des Sciences pour s'assurer la priorité de cette découverte dont il comprit immédiatement l'importance.

« Il y a environ huit jours que j'ai découvert que le soufre, en brûlant, loin de perdre son poids en acquérait au contraire ; c'est-à-dire que d'une livre de soufre, on pouvait retirer beaucoup plus d'une livre d'acide vitriolique, abstraction faite de l'humidité de l'air ; il en est de même du phosphore : cette augmentation de poids vient d'une quantité prodigieuse d'air qui se fixe pendant la combustion et qui se combine avec les vapeurs.

« Cette découverte, que j'ai constatée par des expériences que je regarde comme décisives m'a fait penser que ce qui s'observait dans la combustion du soufre et du phosphore pouvait bien avoir lieu à l'égard de tous les corps qui acquièrent du poids par la combustion et la calcination ; et je me suis persuadé que l'augmentation de poids des chaux métalliques tenait à la même cause. L'expérience a com-

plètement confirmé mes conjectures ; j'ai fait la réduction de la *litharge* dans des vaisseaux fermés, avec l'appareil de Hales, et j'ai observé qu'il se dégageait, au moment du passage de la chaux au métal, une quantité considérable d'air, et que cet air formait un volume mille fois plus grand que la quantité de litharge employée. Cette découverte me paraît une des plus intéressantes qui aient été faites depuis Stahl ; j'ai cru devoir m'en assurer la propriété en faisant le présent dépôt entre les mains du secrétaire de l'Académie pour demeurer secret, jusqu'au moment ou je publierai mes expériences. »

Son développement. — Toute l'œuvre de Lavoisier est contenue pour ainsi dire en puissance dans cette courte note ; et le grand chimiste passa une partie de sa vie à tirer les conséquences de sa découverte fondamentale... En 1774, il lut à l'Académie des Sciences un *Mémoire sur la calcination de l'étain dans les vaisseaux fermés et sur la cause de l'augmentation de poids qu'acquiert ce métal pendant cette opération,* dans lequel il affirmait nettement : « J'ai cru pouvoir conclure de mes expériences qu'une portion de l'air lui-même ou d'une matière quelconque contenue dans l'air, et qui existe dans un état d'élasticité, se combinait avec les métaux pendant leur calcination et que c'était à cette cause qu'était due l'augmentation de poids des chaux métalliques [1]. » Et en effet, ajoute-t-il, « l'effervescence qui a constamment lieu dans toutes les revivifications de chaux métalliques, c'est-à-dire, toutes les fois qu'une substance métallique passe de

1. *Œuvres complètes,* vol. II, p. 105.

l'état de chaux à celui de métal, est venue à l'appui de cette théorie. Je crois avoir prouvé que cette effervescence est due au dégagement d'un fluide élastique, d'une espèce d'air qu'on peut retenir et mesurer, et il est résulté des expériences multipliées auxquelles je l'ai soumis, que, lorsqu'il avait été séparé des métaux par l'addition de la poudre du charbon ou d'une matière quelconque contenant du phlogistique, il ne différait en rien de la substance à laquelle on a donné le nom d'air fixe, air fixé, gaz méphitique, acide méphitique, toutes expressions synonymes, et que ce gaz était exactement le même, soit qu'il fût dégagé des chaux métalliques par la poudre de charbon, des végétaux par la fermentation, ou des alcalis salins et terreux par leur dissolution dans les acides. »

La revivification des métaux quels qu'ils soient, obtenue en détruisant leur chaux par l'action du charbon brûlant, produit donc de cet air fixe que Black avait découvert quelques années auparavant... Mais cet air fixe n'est évidemment pas un corps pur, et Lavoisier cherchait une chaux métallique capable de se revivifier par l'action de la chaleur seule. Il expérimenta, ainsi que l'avait fait Priestley et ainsi que Bayen le faisait à la même époque, sur de l'oxyde rouge de mercure appelé précipité *per se*... Cet oxyde se décompose à haute température en donnant du mercure métallique et un air que Lavoisier appela *air pur* ou *air éminemment respirable* (O) ; le gaz ainsi obtenu et étudié se montra être le même que celui découvert par Priestley sous le nom *d'air déphlogistiqué* et par Scheele sous le nom *d'air du feu.*

Lavoisier établit très rapidement que ce gaz se

combine avec tous les corps qui brulent ; et que c'est la combinaison de ce gaz avec les corps combustibles qui constitue véritablement les phénomènes de combustion ; il s'exprima ainsi dans un mémoire présenté à l'Académie en 1777.

« Les corps ne peuvent brûler que dans un très petit nombre d'espèces d'air ou plutôt même, il ne peut y avoir de combustion que dans une seule espèce d'air, celle que M. Priestley a nommée *air déphlogistiqué* et que je nommerai ici *air pur*. Non seulement les corps auxquels nous donnons le nom de *combustibles* ne brûlent ni dans le vide, ni dans aucune autre espèce d'air mais ils s'y éteignent aussi promptement que si on les plongeait dans l'eau ou dans un autre fluide quelconque [1]. »

Attaque de la théorie du phlogistique. — Arrivé là, le savant se pose une nouvelle question : Si la combustion est caractérisée par la combinaison de l'air pur avec les substances inflammables, est-elle encore due à une autre cause ? Faut-il admettre, avec la plupart des chimistes partisans des doctrines de Stahl, que tout combustible contient à titre d'élément cette insaisissable substance que l'on a appelée phlogistique ? Une telle hypothèse, qui a rendu à la science le service de fixer le concept même de combustion, correspond-elle à la réalité ? Lavoisier déclare nettement, avec timidité d'abord, avec hardiesse ensuite, que la supposition faite par Stahl est tout à fait inadmissible ; que la combustion est un phénomène non de *soustraction*, comme la plupart des chimistes le croient, mais d'*addition*, ainsi que

1. *Œuvres*, vol. II, p. 227.

le prouve l'augmentation de poids de tous les corps qui brûlent. Il accumule les arguments et établit sa manière de voir d'une manière qui paraît aujourd'hui irréfutable.

La résistance aux doctrines de Lavoisier. — Cependant, ainsi qu'on le sait, la démonstration de Lavoisier ne convainquit pas immédiatement ses collègues ; et les professeurs, aussi bien que les expérimentateurs, opposèrent d'abord une fin de non recevoir aux objections élevées par l'audacieux réformateur contre la doctrine du phlogistique alors à la mode ; cette résistance a bien souvent étonné les historiens de la chimie qui ont cru que les contemporains de Lavoisier ont fait preuve, en n'accueillant pas la nouvelle manière de voir, d'un aveuglement étrange. Une telle condamnation est par trop précipitée et les savants de grande valeur qui ont refusé pour un temps de bannir le phlogistique du vocabulaire de la science, ont droit en toute équité aux circonstances atténuantes.

Raisons de cette résistance. — D'où venait en effet le prestige incontesté de la doctrine du phlogistique ? De ce que cette hypothèse rendait compte d'une manière satisfaisante de la *combustibilité,* qualité extrêmement remarquable possédée par toute une classe de substances. La théorie de Stahl donnait pour ainsi dire un support matériel à cette propriété qui au point de vue de la vie courante est très importante. Dès que les corps sont brûlés et que le phlogistique a disparu, ces corps se transforment en cendres qui sont bien entendu incombustibles...

Or Lavoisier renonçait à expliquer la combustibilité en invoquant la structure chimique des corps combustibles eux-mêmes ; il réduisait le rôle de la combustion à celui d'une vulgaire réaction chimique, une combinaison de l'air pur ou de l'air éminemment respirable avec des corps ne présentant pas une communauté de composition. Les combustibles, n'ont d'autres propriétés spécifiques que leur affinité pour l'air pur ou sa base, le principe oxygine. Le fait de brûler qui avait semblé pendant des siècles le phénomène fondamental de la chimie était pour ainsi dire dégradé du rang privilégié où il était placé par l'opinon générale des savants. Et pour quel motif biffait-on d'un trait de plume une théorie, d'une valeur explicative indéniable ? Parce que cette théorie ne pouvait rendre compte de ce qui paraissait un détail qu'une hypothèse accessoire aurait peut-être élucidé ; quelques corps savait-on depuis longtemps, tous les corps, dit Lavoisier, augmentent de poids lors de leur combustion. Ce petit fait, M. Meyerson l'a établi [1], ne sembla pas suffisamment important d'après la plupart des contemporains de Lavoisier pour ruiner une théorie qui paraissait aussi solidement établie que celle de Stahl. Et bien entendu, la plupart d'entre eux essayent un compromis entre la théorie classique et les nouvelles découvertes dont la chimie vient de s'enrichir.

La doctrine de Scheele. — Sans connaître l'œuvre de Lavoisier, Scheele, dans son célèbre *Traité de*

[1] Dans un appendice de son raité. *De l'explication dans les sciences.*

l'air et du feu, avait proposé une nouvelle interprétation du phénomène de combustion. Après avoir remarqué que le feu ne se maintient que par l'action de l'air, ce chimiste en avait conclu que l'air et le feu qui agissent l'un par l'autre, qui ont de l'affinité l'un pour l'autre, doivent être composés des mêmes principes ; les seuls corps pourtant qui jouent un rôle dans la combustion sont l'*air du feu* (O) et le phlogistique. Ainsi que l'avait déjà fait Stahl, Scheele pose comme un axiome que « le phlogistique est un véritable élément, un principe parfaitement simple qui reste perpétuellement semblable à lui-même[1] ». Dans toutes ses combinaisons, « le phlogistique ne subit pas le plus léger changement... Il est impossible qu'on l'obtienne seul, car il ne se sépare d'aucun corps quelque faiblement qu'il y adhère, s'il n'en trouve pas un autre avec lequel il puisse être en contact immédiat ». Scheele n'explique pas aussi clairement ce qu'est l'air du feu, mais il insinue à plusieurs reprises que, en vertu de l'action du semblable sur le semblable, cet air qui se combine avec le phlogistique lors de toute combustion doit déjà contenir du phlogistique. Quoiqu'il en soit, la chaleur qui se dégage lorsqu'un corps brûle est corporelle et « elle est composée du phlogistique et de l'air du feu » ; la lumière de la flamme est également corporelle, et elle n'est pas non plus un corps simple. « Je crois, a écrit Scheele[2], que chaque molécule de lumière n'est autre chose qu'un atome d'air du feu combiné avec un peu plus de phlogistique qu'une

1. P. 159.
2. P. 151.

pareille molécule de chaleur... » Enfin le gaz inflammable, (H) découvert depuis longtemps « est une espèce de soufre composé de phlogistique et de la matière de la chaleur ».

Cette théorie de Scheele est extrêmement ingénieuse ; cependant elle se heurte ainsi que le démontra Lavoisier à des obstacles insurmontables ; elle ne tient pas compte en effet des rapports de poids entre les différentes substances ; bien que Scheele ait proclamé formellement que toute matière est pesante, il ne s'est jamais avisé de rechercher avec la balance si la chaleur ou la lumière pèsent plus que l'air du feu dont elles sont des composés. Cette expérience étant trop évidemment impossible, Lavoisier déclara que cela suffisait pour condamner absolument cette théorie paradoxale.

Théorie de Cavendish, Priestley, Lametherie, Kirwan. — La découverte des corps gazeux avait fait naître chez un grand nombre de chimistes l'espoir d'isoler enfin ce phlogistique qui entre comme partie constituante de tous les corps combustibles. Dès le début de ses recherches, Cavendish se demanda si *l'air inflammable* (H) qui se dégage des métaux dissous par l'acide vitriolique n'était pas le phlogistique même ; et cette théorie admise aussi par Priestly fut développée avec force détails par Laméthérie et Kirwan ; pour la mettre hors de doute, il aurait fallu démontrer que l'air inflammable fait partie de la composition de tous les corps combustibles et que la disparition de cet air inflammable, sa combinaison avec l'air déphlogistiqué est à proprement parler une combustion. Cette démonstration fut tentée par Kirwan ; elle fut rapidement réfutée par Lavoisier et ses disciples de manière à

convertir Kirwan lui-même aux idées de la nouvelle école.

Théorie de Macquer, Sennebier, Opoix, Crell. — Enfin une troisième théorie fut proposé par Macquer dans la dernière édition de son *Dictionnaire de chimie* et promptement admise par les physiciens, Sennebier et Opoix qui la développèrent brillamment ainsi que par le chimiste Crell. Le principe phlogistique d'après ces auteurs est identique à la matière même de la lumière ; il fait partie intégrante de tous les corps combustibles, et se dissipe sous forme de flamme lorsque ces corps commencent à brûler... Il est vrai, conformément aux découvertes de Lavoisier, que lorsque le phlogistique (ou la lumière) quitte ces corps, il est immédiatement remplacé par l'air pur, déphlogistiqué. Toute combustion, d'après cette manière de voir, se réduit à une double décomposition ; et cela aurait semblé indémontré certes, mais irréfutable à Lavoisier lui-même, si Macquer n'avait admis d'après l'optique de Newton, que la lumière est un corps pesant semblable par cette qualité à tous les autres corps pesants. Or, par quelle expérience pourrait-on mettre en évidence que, lorsqu'un corps brûle, il laisse échapper un phlogistique ou lumière dont la quantité soit mesurable à la balance ? L'impossibilité où se trouve Macquer de résoudre cette difficulté ne suffit-elle pas pour condamner son ingénieuse doctrine ? C'est du moins ce que répondit victorieusement Lavoisier.

La théorie de Lavoisier. — Le grand savant va donc à son tour bâtir une théorie de la combustion ;

il n'hésite pas d'abord à poser que lorsqu'un corps brûle ou lorsqu'un métal se calcine, sa substance loin de se décomposer se combine au corps comburant soutiré par la réaction à l'atmosphère environnante ; ce corps comburant n'est autre chose que le gaz récemment isolé que les chimistes d'alors appelaient *air du feu, air déphlogistiqué* ou *air pur*.

De quoi cet air est-il composé ? A une telle question Lavoisier répond très nettement que les gaz sont formés d'une combinaison intime de la substance même de la chaleur avec des principes ou radicaux qui n'ont pu encore être isolés ; le radical ou la base de l'*air pur* réagissant avec les combustibles n'est autre que le principe oxygine, appelé plus tard oxygène [1].

Ce principe, qui est la seule substance pesante de l'*air pur*, se combine intégralement avec le corps qui brûle et laisse alors s'évaporer pour ainsi dire la matière de la chaleur ou calorique maintenant primitivement le principe oxygine à l'état gazeux. Le calorique, substance non pesante qui a la propriété de dilater les substances pesantes, de transformer les solides en vapeurs, était d'ailleurs absolument semblable à la matière du feu telle que l'avait décrite Bœrhaave ; Black avait appelé chaleur latente cette matière du feu même, au moment ou elle fait partie intégrante des composés et, où par suite elle n'agit pas sur les thermomètres.

Lors donc qu'un corps brûle, il ravit sa base à l'air, « dès lors, la matière du feu (calorique) reprend tous ses droits et s'échappe avec les caractères qu'on lui connaît, c'est-à-dire avec flamme, chaleur et lumière ».

1. *Sur la combustion en général, œuvres* vol. p. 225.

« Pour éclaircir ce que cette théorie peut présenter d'obscur, ajoute Lavoisier, faisons-en l'application à quelques exemples : Lorsqu'on calcine un métal dans de l'air pur, la base de cet air a moins d'affinité avec son propre dissolvant qu'avec le métal qui s'unit à ce dernier dès qu'il est fondu, et le convertit en chaux métallique. Cette combinaison de la base de l'air avec le métal est démontrée. 1° par l'augmentation de poids qu'éprouve ce dernier pendant la calcination ; 2° par la destruction presque totale de l'air contenu sous la cloche. Mais si la base de l'air était tenue en dissolution par la matière du feu, à mesure que cette base se combine au métal, la matière du feu doit devenir libre, et produire en se dégageant de la flamme et de la lumière. On conçoit que, plus la calcination du métal sera prompte, c'est-à-dire plus il y aura de fixation de la base de l'air dans un temps donné, plus aussi, il y aura de matière du feu qui deviendra libre à la fois, et plus par conséquent la combustion sera sensible et marquée. »

En définitive, la théorie telle que la présentait Lavoisier représentait, par rapport aux combustions, l'inverse de celle qu'avait admise ses maîtres. Ce n'était en effet plus le combustible qui se décomposait en brûlant, mais l'air pur dont le seul constituant pesant, le principe oxygine, pouvait être complètement déterminé par la méthode du chimiste ; l'autre constituant impondérable, la matière du feu ou calorique, échappait bien entendu à toute mesure quantitative... Lavoisier cependant voulut l'étudier par des procédés différents ; avec Laplace, pour parvenir à ce but, il fonda la calorimétrie, science qui est aujourd'hui l'apanage du physicien. L'on

sait que vers le début du XIXe siècle, les chimistes simplifièrent la théorie de Lavoisier, en abandonnant la théorie du calorique ou, si l'on préfère, de la chaleur assimilée à une substance... A ce moment, l'oxygène, ainsi que les autres gaz indécomposables, fut à son tour considéré comme un corps simple, un élément ; quand une matière combustible brûle, elle se combine avec cet élément sans qu'il se produise au cours de la réaction une décomposition d'aucune sorte... Les phénomènes thermiques ou lumineux qui accompagnent cette réaction restèrent alors inintéressants, inexpliqués, et cela jusqu'à ce que les progrès de l'énergétique les imposât de nouveau à l'attention du chimiste, comme nous le verrons plus tard.

XIII

Lavoisier
et la
Nouvelle théorie chimique

I. la loi de la conservation de la matière. — La destruction de l'hypothèse du phlogistique appela un renouvellement complet et de la technique et de la doctrine chimique ; en effet, comment Lavoisier procéda-t-il pour imposer la nouvelle interprétation des phénomènes de combustion ? Chacun le sait : par des pesées très précises qui ne laissaient échapper aucun des ingrédients ayant produit la réaction ou ayant été produits par la réaction ; le poids total des corps en présence devant être rigoureusement le même *avant* et *après* l'expérience. L'on exprime souvent l'axiome qui entre là en jeu par la formule : « Rien ne se crée, rien ne se perd ». La plupart des historiens de la chimie ont jugé avec raison, qu'il fallait, dans l'énoncé de ce principe, spécifier que la masse mesurable à la balance se conserve seule, toutes les autres propriétés apparentes des corps pouvant varier énormément. M. Delacre formule comme suit la loi fondamentale de la chimie [1].

« Le poids d'un composé est égal à la somme des

1. *Histoirc*, p 197.

poids des composants. » Or, il est curieux de constater que Lavoisier n'a jamais annoncé comme une vérité nouvelle le principe sur lequel il s'est appuyé constamment, qu'il ne l'a jamais discuté et que ses contemporains ne lui ont jamais cherché querelle à ce sujet. Et sans doute la « conservation de la matière » avait été souvent affirmée, et n'avait été niée accidentellement d'ailleurs que pour masquer les lacunes d'une théorie, pour déclarer par exemple que l'augmentation de poids des métaux lors de la calcination, et malgré la *perte* de leur phlogistique, n'est pas un obstacle réel à la doctrine de Stahl, que, contrairement aux apparences, ce paradoxe n'a aucun besoin d'être expliqué ! Mais aussi jamais ce principe quasi-évident n'avait été pris comme base de tout travail, de toute théorie chimique, les savants jusqu'à Lavoisier étudiant avec plus d'attention les propriétés des corps que leurs rapports quantitatifs. L'on sait que depuis Lavoisier la « conservation de la masse » a toujours paru la base même de toute doctrine chimique et que, suivant une observation de M. Ostwald, toutes les expériences des chercheurs en ont été une confirmation.

Conservation des éléments. — Lavoisier, comme d'ailleurs ses successeurs, ne se contentait pas, en posant comme un axiome l'indestructibilité de la matière pesante, d'affirmer la conservation de la masse ; il supposait en même temps que chaque élément, chaque corps simple est tout à fait inaltérable ; que si la masse de l'eau par exemple est égale

1. M. Meyerson a consacré un chapitre d'*Identité et réalité* à la conservation de la matière.

à la masse de l'hydrogène et de l'oxygène qui ont servi à la former, les deux constituants de la combinaison conservent leur individualité et peuvent à nouveau s'en dégager et reprendre leur aspect primitif ; à la *conservation de la matière,* nous devons ajouter la *conservation des éléments.*

II. Une nouvelle définition du corps simple. — Il nous faut encore expliquer comment la notion de corps simple s'était peu à peu transformée au courant du XVIIIe siècle; l'on sait qu'à l'époque de Lavoisier quelques chimistes invoquaient encore dans la préface de leurs ouvrages la théorie des quatre éléments renouvelée d'Aristote ; l'on sait aussi que cette doctrine, comme celle des trois principes de Paracelse, avait été ruinée par Boyle, que Beccher, Stahl et leurs disciples avaient considérablement modifié ces mêmes doctrines, et que d'ailleurs de leurs trois terres principes, seule la deuxième terre où phlogistique eut le don d'intéresser leurs successeurs ; l'on sait enfin que Bœrhaave, en reconnaissant que les éléments aristotéliciens étaient véritablement des corps simples et même les plus répandus dans la Nature, admettait en outre un grand nombre de substances diverses et irréductibles qu'il était bien obligé de considérer aussi comme des corps simples.

Or, il suffit de lire attentivement n'importe quel ouvrage de chimie de la fin du XVIIIe siècle, le dictionnaire de Macquer par exemple, ou le traité de Baumé, pour se rendre compte que cette manière de voir, inavouée en quelque sorte, avait peu à peu et sans qu'ils s'en doutent pénétré dans la mentalité de tous les savants ; hors quelques morceaux de

bravoure, si l'on ose s'exprimer ainsi, dans lesquels les auteurs se croyaient obligés d'atteindre la cosmologie générale, il n'est jamais question de résoudre une matière quelle qu'elle soit en les éléments hypothétiques d'Aristote ou de Paracelse.

Lavoisier, avec son habituelle clarté d'esprit, a donc reconnu une situation de fait, bien plus qu'il n'a changé la face de la science quand il écrivit en préface à son *Traité élémentaire de chimie* la célèbre page ci-dessous où il exprimait, en la débarrassant de la littérature traditionnelle, la pensée de ses contemporains : « Tout ce qu'on peut dire sur le nombre et sur la nature des éléments se borne suivant moi à des discussions purement métaphysiques ; ce sont des problèmes indéterminés qu'on se propose de résoudre, qui sont susceptibles d'une infinité de solutions, mais dont il est très probable qu'aucune en particulier n'est d'accord avec la nature. Je me contenterai donc de dire que si par le nom d'éléments nous entendons désigner les molécules simples et indivisibles qui composent les corps, il est probable que nous ne les connaissons pas : que si au contraire nous attachons, au nom d'éléments ou de principes des corps, l'idée du dernier terme auquel parvient l'analyse, toutes les substances que nous n'avons pu encore décomposer par aucun moyen sont pour nous des éléments ; non pas que nous puissions assurer que ces corps que nous regardons comme simples, ne soient pas eux-mêmes composés de deux ou même d'un plus grand nombre de principes, mais puisque ces principes ne se séparent jamais, ou plutôt puisque nous n'avons aucun moyen de les séparer, ils agissent à notre égard à la manière des corps simples, et nous ne

devons les supposer composés qu'au moment où l'expérience et l'observation nous en auront fourni la preuve[1]. »

Corps simples et nomenclature. — Mais tout en proclamant le premier, ce qui d'ailleurs était implicitement admis dans la science de son temps, que le mot *élément* ou *substance indécomposée* s'applique provisoirement à tel corps que la chimie de l'avenir parviendra peut-être à subdiviser en corps encore plus *simples,* Lavoisier nhésita pas à dépasser hardiment ce point de vue empirique et prétendit sans même y prendre garde que les dits *éléments* ou *corps simples* sont susceptibles d'imposer à la classe de leurs complexes, certaines qualités qui permettent de deviner leur présence.

Nous avons vu précédemment un exemple de cette manière de voir ; rappelons que les gaz furent supposés composés de deux corps simples ; l'un impose l'état aériforme et il est commun à tous, c'est précisément le *calorique*; l'autre est caractéristique de chacun d'eux, et permet de les reconnaître les uns des autres, il est représenté par les radicaux appelés plus tard oxygène, azote, hydrogène, etc...

Une telle vision des choses a grandement inspiré la refonte de la nouvelle nomenclature chimique que le génie de Lavoisier sut alors imposer à la science et qui durant le XIX[e] siècle n'a été modifiée que dans les détails. A vrai dire, Lavoisier ne fut pas le promoteur de cet immense travail dont il devint rapidement le chef incontesté... Les chimistes se plaignaient depuis longtemps des bizarreries de leur langage appelant par exemple *huile de vitriol,* ou

1 *Traité élémentaire de Chimie,* préface.

huile de tartre par défaillance, l'acide sulfurique ou la potasse qui n'avaient absolument rien d'huileux ; ces noms ridicules pensaient-ils, souvenirs de théories depuis longtemps abandonnées, devaient être remplacés par d'autres qui, suivant le désir de Condillac, rendraient pour ainsi dire intuitive l'ensemble de la théorie. A cette tâche immense Guyton de Morveau s'était alors attelé ; pour réussir dans son entreprise il voulut s'adjoindre des collaborateurs, Fourcroy, Berthollet et Lavoisier. Celui-ci, qui venait de convraincre Fourcroy et Berthollet de la justesse de ses vues théoriques, sut aussi convertir enfin Guyton de Morveau, et d'adversaire le transformer en zélé propagandiste de la doctrine antiphogisticienne.

La nomenclature, due à l'effort en commun des savants que nous venons de nommer, tout en représentant un essai particulièrement fructueux destiné à faciliter aux débutants l'intelligence de dénominations artificiellement établies, fut donc en outre et surtout une sorte de manifeste, dans lequel les théories de la nouvelle école aspirèrent à se réduire à une langue bien faite.

Nous ne pouvons rappeler ici que les grandes lignes de cette nomenclature, présente d'ailleurs dans toutes les mémoires ; signalons d'abord qu'elle fut révolutionnaire le moins possible, qu'elle conserva les noms des métaux, du soufre, du phosphore, et qu'elle essaya surtout de relier par des expressions très facilement intelligibles le corps simple et les complexes de ce corps simple.

Voyons une application de ce principe : « Les acides, écrit Lavoisier [1], sont composés de deux

1. *Traité élémentaire de chimie,* p. XXI

substances de l'ordre de celles que nous regardons comme simples ; l'une qui constitue l'acidité et qui est commune à tous, c'est de cette substance que doit être emprunté le nom de classe ou de genre ; l'autre qui est propre à chaque acide, qui les différencie les uns des autres, et c'est de cette substance que doit être emprunté le nom spécifique. »

L'oxygène.— Or, l'on sait que certains acides s'obtiennent en brûlant du soufre, du charbon ou du phosphore ; le principe qui dans ce cas constitue l'acidité n'est autre que le radical de l'*air pur* ou de l'*air vital* qui, en dégageant son calorique, s'est combiné avec ces corps simples pour former les acides sulfurique (l'on disait autrefois vitriolique et Lavoisier a conservé la terminaison *ique*), carbonique, (c'est l'air fixe de Cavendish dont Lavoisier a établi la composition élémentaire), et phosphorique ; la nouvelle nomenclature appellera donc le principe acidifiant *oxygène* d'un terme grec : οξυς acides et γεινομαι j'engendre.

Les acides. — Mais là, se présentera une difficulté que Lavoisier surmonte ainsi : « Dans la plupart des acides, les deux principes constituants, le principc acidifiant et le principe acidifié, peuvent exister dans des proportions différentes, qui constituent toutes des points d'équilibre ou de saturation ; c'est ce qu'on observe dans l'*acide sulfurique* et dans *l'acide sulfureux* ; nous avons exprimé ces deux états du même acide en faisant varier la terminaison du nom spécifique. »

Il est vrai que parfois le radical acidifié, au lieu

d'être un corps simple, est déjà lui-même un corps complexe, comme par exemple « le radical acéteux composé par la réunion du carbone et de l'hydrogène ». Que d'autres fois, ce même radical est inconnu, l'acide n'ayant pu être décomposé comme cela est le cas pour l'acide muriatique. (Notre acide chlorhydrique dans lequel la théorie de Lavoisier voyait bien entendu de l'oxygène et un corps simple encore inconnu).

L'hydrogène. -- Lavoisier et ses collaborateurs ont nommé *hydrogène* (du grec υδορ eau et γεινομαι j'engendre) l'ancien air inflammable, qui, comme ils l'ont établi, est avec l'oxygène un élément constituant de l'eau.

L'azote. — Quant à la moffette atmosphérique dans laquelle les corps ne peuvent brûler, ou les êtres vivants meurent, ils l'ont appelé *azote* (du grec α privatif et ζων vie), attendu que ce gaz n'est pas respirable ; ils avaient d'ailleurs hésité à l'appeler *nitrogène,* (nom parfois adopté), ou même *alcaligène,* parce que Berthollet venait de montrer que ce gaz est partie constituante de l'ammoniac et comptait bien établir aussi qu'il est le radical des autres alcalis, espérance tenace que l'on n'abandonna qu'après de multiples déceptions.

Les oxydes métalliques. — Lavoisier, qui avait spécialement étudié ce qu'on appelait autrefois les calcinations des divers métaux, et qui sont, comme les combustions, le résultat d'une combinaison de

l'oxygène avec un métal, proposa en ces termes de donner une nouvelle dénomination au produit de la réaction. « Les substances métalliques qui ont été exposées à l'action réunie de l'air et du feu perdent leur éclat métallique, augmentent de poids et prennent une apparence terreuse ; elles sont, dans cet état, composées, comme les acides, d'un principe qui est commun à toutes et d'un principe particulier propre à chacune : nous avons dû également les classer sous un nom générique dérivé du principe commun, et le nom que nous avons adopté est celui d'oxyde ; nous les avons ensuite différenciées les unes des autres par le nom particulier du métal auquel elles appartiennent. »

Composés binaires. — La nomenclature de corps composés seulement de deux corps simples, s'obtient en remplaçant la dernière syllabe de l'un des corps par la syllabe *ure* et en faisant suivre ce mot du nom de l'autre : carbure de fer, sulfure de potasse, etc.

Composés ternaires. — « La nomenclature des êtres composés de trois substances simples, écrit Lavoisier, présentait un peu plus de difficulté en raison de leur nombre, et surtout parce qu'on ne peut exprimer la nature de leurs principes constituants sans employer des noms plus composés. Nous avons eu à considérer dans les corps qui forment cette classe, tels que les sels neutres par exemple : 1° le principe acidifiant qui est commun à tous ; 2° le principe acidifiable qui constitue leur acide propre ; 3° la base saline, terreuse, ou métal-

lique qui détermine l'espèce particulière de sel. Nous avons emprunté le nom de chaque classe de sels de celui du principe acidifiable commun à tous les individus de la classe ; nous avons ensuite distingué chaque espèce par le nom de la base saline, terreuse ou métallique qui lui est particulière. »

Sans insister sur les détails, l'on voit que la nouvelle nomenclature indiquait d'un seul mot la composition du composé en fonction des propriétés spécifiques du composant ; l'on comprend aussi que l'adoption de cette nomenclature, qui s'identifiait en quelque sorte avec la théorie de Lavoisier et de son école, a été extrêmement pénible à un grand nombre de chimistes dont elle modifiait étrangement les habitudes ; et que la résistance prolongée contre cette nomenclature, qui n'a été universellement admise qu'au début du XIX siècle, s'est confondue elle aussi avec la résistance aux doctrines anti-phlogisticiennes, bien que les deux réformes n'aient entre elles aucun lien logique.

1. Voir là dessous l'ouvrage de Kahlbaum.

I

La doctrine chimique après Lavoisier

Les affinités. — Pendant la durée de la lutte contre la doctrine du phlogistique, l'attention des chimistes fut pour ainsi dire ramenée constamment à un point de vue unique. Cependant, à mesure que de nouvelles générations de chercheurs arrivaient à maturité, le triomphe des théories de Lavoisier devint un fait acquis, et de nouveau, les efforts des savants se dispersèrent dans des directions hétérogènes.

Les travaux de Lavoisier n'ont aucunement porté sur l'étude théorique de la réaction chimique ; il ne s'est pas préoccupé des affinités entre les diverses substances, que depuis Geoffroy, un grand nombre de savants tels que Gellert ou Limbourg tentèrent de ranger systématiquement et symétriquement en tables pour ainsi dire prophétiques, dont la disposition seule permettrait de deviner le résultat de toute expérience éventuelle mettant en présence quelques corps bien connus. A la fin du règne du phlogistique, Bergmann voulut à son tour jeter une vue d'ensemble sur cet immense sujet, et le traité des *affinités électives* publié par ce grand savant eut une telle renommée que Gœthe choisit cette expression comme titre d'un de ses romans.

Nous ne pouvons entrer dans les détails d'un tel

travail ; signalons seulement que pour qu'il eût une signification scientifique il fallait que l'ordre des affinités soit constant et ne dépende aucunement de circonstances accidentelles ; or, jusqu'à présent, a dit Bergmann, il n'a pas été possible d'éliminer complètement les anomalies apparentes, et bien qu'une grande partie des irrégularités aient pu disparaître des tableaux, quelques-unes d'entre elles demeurent et doivent être corrigées.

Or, la doctrine des affinités, telle qu'elle était alors admise, subit de la part de Berthollet, au début du XIXe siècle, un assaut extrêmement vif ; ce chimiste voulut établir, et établit en effet, dans son célèbre ouvrage sur la *statique chimique,* que la construction même de ces tables reposait sur une grave erreur ; l'affinité, pense-t-il, n'est pas quelque chose d'absolu et d'immuable ; lorsque plusieurs corps, notamment des sels en dissolution, sont en présence les uns des autres,tous les composés possibles tendent alors à se produire, à former un système en équilibre dépendant en grande partie de la masse des composants; or, il arrive parfois qu'un des composés ainsi formés s'évade du système total, qu'il soit par exemple ou volatil ou insoluble : ce dernier cas notamment se produit si l'on mélange un sulfate alcalin et de l'azotate de baryum, car le sulfate de baryum se dépose sous forme de précipité blanc ; dans ce cas et d'autres analogues, la réaction, au lieu d'aboutir à un équilibre, se prolonge jusqu'à épuisement de l'acide sulfurique ou de la baryte... Telles sont les remarques fondamentales que l'on a approfondies un demi-siècle plus tard seulement, en créant la science des équilibres chimiques, mais qui tout de suite sont devenues classiques sous le

nom de *lois de Berthollet* — Il n'y a donc pas, ainsi que les tables semblent l'indiquer, affinité remarquable entre le baryum et l'acide sulfurique, mais si le sulfate de baryum précipite de ces mélanges, c'est parce qu'il est insoluble dans l'eau ; la connaissance des degrés de solubilité remplaça définitivement les tables d'affinité d'autrefois.

Les saturations salines et les équivalents. — Mais en étudiant les affinités, un grand nombre de chimistes cherchaient à résoudre un problème quantitatif précis ; puisque les sels, savent-ils depuis longtemps, sont le résultat d'une combinaison entre un acide et un alcali, quelle quantité de tel alcali, est-il nécessaire de faire réagir pour neutraliser telle quantité de tel acide ? Cette question, qui avait déjà attiré l'attention de Homberg, de Rouelle, de Bergmann et de bien d'autres, fut reprise et élucidée par le chimiste allemand Wenzel qui prouva à l'aide d'expériences bien faites que dans toute double décomposition de sels neutres, la solution reste neutre ; par des analyses d'une admirable précision, il démontra que cet effet provient de ce que les quantités de bases qui saturent un même poids d'un acide quelconque saturent aussi des poids correspondants de tout acide.

Voici d'ailleurs une expérience que la théorie n'eut qu'à généraliser. « Soit d'une part du sulfate de soude en dissolution et d'autre part de l'azotate de baryte. Les deux liqueurs sont parfaitement neutres ; elles n'ont aucune action sur le papier bleu de tournesol et sur le papier rougi. Je les mêle :

1. Voir Dumas, philosophie chimique p. 218 et suiv.

aussitôt, il y a décomposition et formation d'un précipité abondant. C'est du sulfate de baryte qui se dépose tandis que l'azotate de soude reste en dissolution. Que j'y plonge les papiers colorés, ils n'éprouveront aucune altération dans leur teinte, tout comme avant la réaction. Pourquoi les deux bases après l'échange de leur acide, pourquoi les deux acides après l'échange de leur base se trouvent-ils encore exactement neutralisés ? C'est que la quantité de soude, qui formait un sel neutre avec l'acide sulfurique saisi par la baryte, sature précisément la quantité d'acide azotique abandonnée par cette base ; c'est que les quantités de soude et de baryte, qui neutralisent la même quantité d'acide sulfurique exigent aussi pour se neutraliser la même quantité d'acide azotique. »

Les résultats de Wenzel furent peu après généralisés par Richter qui énonça ainsi la loi des équivalents [1] « Si P est la masse d'un élément déterminant et *a, b, c, d,* etc., les masses de ses éléments déterminés, Q la masse d'un autre élément déterminant et α, β, γ, δ, etc., les masses de ses éléments déterminés, de telle façon que *a* et α, *b* et β, *c* et γ, *d* et δ représentent les mêmes éléments et que les masses neutres P + *a* et Q + β, *P* + *b* et Q + α, P + *c* et Q + α, etc., se décomposent par double affinité de telle sorte que les produits formés soient encore neutres, les masses *a, b, c, d,* etc., sont entre elles dans les mêmes rapports quantitatifs que les masses α, β, γ, δ, etc., ou inversement. »

Il est inutile de faire observer que Richter em-

1. Ueber die neuen Gegenstaende der Chemie 1795, II, p. 66, voir Ladenburg, p. 49 .

ploie le nom d'*élément,* déterminant ou déterminé, en lui donnant le sens d'acide et d'alcali dont les quantités se neutralisent ; ce chimiste ne se contenta pas d'ailleurs d'énoncer une formule générale; il consacra sa vie à établir exactement les relations quantitatives dont il avait compris l'importance, et il rédigea un tableau d'équivalents qui eut une grande influence sur les conceptions de Berzelius.

Loi des proportions définies. — Quelle est la signification exacte des travaux de Richter ? Doit-on admettre par exemple que la réaction chimique qui aboutit à la formation du sulfate de baryum insoluble, sépare d'une solution un individu chimique, stable, à composition fixe, ou bien au contraire que le sel formé par la réunion d'acide sulfurique et de baryte en proportion déterminée ne doive sa constance de combinaison qu'au fait accidentel de son insolubilité dans l'eau ?

Cette dernière réponse fut préconisée par Berthollet dans différents chapitres de sa *statique chimique ;* ce savant voulut étendre à toutes les combinaisons quelles qu'elles soient les résultats obtenus en étudiant les dissolutions salines ; sans nier expressément que dans quelques cas priviligiés tels que la saturation, ou l'insolubilité, il se produisit un corps à composition constante, il admit en général que les éléments se combinent en suivant une progression variable et continue. Berthollet eut alors avec Proust une discussion prolongée dont ce dernier sortit vainqueur en établissant la *loi des proportions définies,* dont il donna un énoncé polémique beaucoup plus pittoresque que celui trouvé à la première page des ouvrages d'enseignement...

« Tous les corps de la Nature ont été faits à la balance d'une sagesse éternelle. Tout ce que nous pouvons faire est de les imiter en retombant dans ce *pondus naturæ,* dans ces rapports qu'elle a fixés à jamais. Nous pouvons créer des combinaisons, sans doute, mais des combinaisons prévues dans l'ordre général de la nature, et non pas des combinaisons infinies et variables au gré de nos désirs. Quand vous croyez combiner les corps en proportions arbitraires, pauvres myopes, ce ne sont que des mélanges que vous faites et dont vous ne savez pas distinguer les parties ; ce sont des monstres que vous créez et que vous ne savez pas disséquer [1]. »

Les proportions multiples. — Mais les corps simples forment parfois en se combinant, non pas une combinaison, mais plusieurs, de caractères très différents et de compositions diverses. Les carbures d'hydrogène étudiés alors par Dalton en sont un exemple frappant [2] ; les sels, tels que le calomel ou mercure doux, et le sublimé, dans lesquels une même quantité d'acide marin (chlorhydrique) peut être saturée par une certaine quantité de mercure ou le double de cette même quantité, sont d'autres exemples du même fait d'ailleurs connus depuis longtemps ; l'on sait aussi que Lavoisier distinguait divers complexes des mêmes corps puisque sa nomenclature mentionnait l'acide sulfurique, l'acide sulfureux, etc.

Quels sont les rapports de composition entre les différentes matières formées des mêmes ingré-

1. Dumas *philosophie chimique*, p. 233.
2. Voir Ladenburg, p. 50 et suiv.

dients ? Telle est la question que Dalton s'est proposé d'élucider et qu'il est parvenu à serrer de très près en se basant d'une part sur des analyses chimiques, d'autre part sur la théorie atomique évoquée bien souvent par les chimistes depuis le XVIIe siècle sous la forme vague que les anciens lui avaient donnée et qu'il sut présenter sous une forme tout à fait nouvelle.

Nous ne pouvons ici pénétrer un peu longuement dans les spéculations du célèbre savant[1]; contentons-nous de signaler que Dalton attribuait aux atomes de chaque corps simple une figure particulière, et un poids caractéristique immuable, que des réflexions sur l'expérience devraient permettre de préciser. Un atome simple d'un élément ainsi déterminé peut s'unir avec un ou plusieurs atomes d'autres éléments pour former un ou plusieurs corps plus complexes.

De cette manière de voir se dégage pour ainsi dire intuitivement la *loi des proportions multiples,* qui avait été souvent pressentie et à laquelle le nom de Dalton est resté attaché. On l'énonce généralement ainsi : « Si deux corps A et B forment plusieurs combinaisons et que l'on calcule la composition en rapportant toujours au même poids de l'un d'eux, A, les diverses quantités du corps B unies au même poids de A sont entre elles suivant des rapports tout à fait simples. »

De tout ceci, il résulte que la tâche du chimiste consistera d'une part à chercher le nombre d'atomes qui entrent dans telle combinaison, d'autre part à déterminer quels sont les poids atomiques des divers

1. Voir le livre de Roscoe et Harden.

corps simples, c'est-à-dire, en supposant arbitrairement le poids d'un atome d'un élément donné, (Dalton choisit l'hydrogène = 1, d'autres choisirent l'oxygène = 10 ou encore 100), rechercher quel poids il faudrait attribuer à l'atome des autres éléments.

Sans doute une telle recherche comporte-t-elle une forte dose d'arbitraire ; et les poids atomiques trouvés par Dalton ne sont pas ceux que la science a conservés ; mais d'une manière générale, la théorie était séduisante ; elle ouvrait à la chimie des perspectives inattendues et fut acceptée par le célèbre savant Berzélius qui écrivit à Dalton [1] : « Vous avez raison en ce que la théorie des proportions multiples est un mystère sans l'hypothèse atomistique, et autant que j'ai pu m'apercevoir, tous les résultats gagnés jusqu'ici contribuent à justifier cette hypothèse. »

D'autre part Dalton avait cru pouvoir dessiner avec quelque précision et les atomes des corps simples, et les atomes des corps complexes formés par l'accolement des premiers ; il dessinait l'atome d'oxyde de carbone formé par un atome de carbone et un atome d'oxygène, l'atome d'acide carbonique formé d'un atome de carbone et de deux atomes d'oxygène ; et ces dessins qui permettaient de deviner la structure des corps étonnèrent un grand nombre de savants qui, sans nier les résultats et pour se débarraser d'une hypothèse, appelèrent les poids atomiques *équivalents* avec Wollaston ou *nombres proportionnels* avec Davy.

Pour simplifier, et pour faciliter l'usage de la loi des proportions multiples, Berzélius eut alors l'idée

1. Roscoe et Harden, p. 160.

simple et géniale de représenter un atome de chaque corps simple par l'initiale de son nom ; O pour oxygène, H pour hydrogène, K pour kalium ou potassium, etc... l'acide sulfurique (notre anhydride) formé d'un atome de soufre et de trois atomes d'oxygène devint SO^3. Comme chacun sait, la chimie, malgré certaines modifications de détail, a conservé dans leur ensemble et les symboles et les formules de Berzélius sur lesquels nous n'avons pas à nous étendre puisqu'ils sont encore enseignés dans les classes élémentaires de nos lycées.

SECTION II

I

Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons rempli le programme qui nous a été tracé : exposer brièvement les grandes lignes de l'histoire de la chimie depuis l'époque de la Renaissance, jusqu'à celle où les principes généraux encore enseignés de nos jours dans les classes élémentaires des lycées se sont imposés aux savants ; nous espérons que le lecteur non technicien qui aura lu la première partie de ce travail, pourra à l'occasion et sans être trop dépaysé, parcourir un ouvrage ancien destiné à exposer tout ou partie du système des connaissances chimiques ; il va sans dire, puisque la place nous était mesurée, que nous nous sommes plus attaché à rendre intelligible l'évolution des idées qu'à préciser quel fut l'auteur de telle découverte spéciale, ou à décrire les circonstances pittoresques de ces découvertes. Même en ce qui concerne les doctrines, nous n'avons dit que l'essentiel, ne prétendant pas être complet.

Notre tâche n'est pas finie ; il nous reste à dire en quelques mots quels furent les principaux faits qui depuis le début du XIXe siècle et jusque vers 1870 vinrent modifier la théorie chimique. Nous consa-

crerons quelques pages à signaler certains travaux de l'époque de Berzélius sur lesquels nous n'avons pu nous étendre vu leur caractère technique ; puis, sans pénétrer dans les détails qu'une étude aussi résumée que celle-ci ne peut atteindre, nous donnerons une sorte de précis des points les plus importants qui ont sollicité l'attention des chimistes pendant la période considérée.

II

Découvertes et inventions au début du XIXe siècle

L'industrie chimique. — Il nous faudra d'abord signaler quelques travaux très importants que nous avons négligé jusqu'ici et qui, exécutés avant l'œuvre de Berzélius ou en même temps que cette dernière, éclairent d'un jour nouveau la théorie chimique au début du XIXe siècle.

Mais auparavant, il ne nous faudra pas oublier de mentionner l'essor extraordinaire que prit, elle aussi, la chimie pratique de la même époque ; l'on sait que l'art des mines, la recherche des minerais, comme le développement de la métallurgie, jouït durant le XVIIIe siècle en Allemagne d'un très grand prestige, et que les inventions faites par les techniciens se répandirent rapidement dans toute l'Europe, en même temps d'ailleurs que l'art de la verrerie, de la faïencerie, de la porcelaine furent renouvelés, grâce au concours d'habiles savants de tous les pays. L'on sait aussi que sous l'influence des guerres de la Révolution et de l'Empire, et grâce au « blocus continental » qui obligea les Européens à trouver sur place ce qu'ils ne pouvaient importer, l'industrie chimique reçut un stimulant remarquable. Nicolas Le Blanc inventa alors et tenta de réaliser la fabrication artificielle des carbonates alcalins, en utili-

sant le sel marin, l'acide sulfurique, le charbon et la chaux que l'on possède en grande quantité dans notre pays ; par la même occasion il fabriquait de l'acide chlorhydrique dont on a vite extrait le chlore pour confectionner l'eau de javelle ou les chlorures décolorants. L'on se souvient que sous l'Empire on utilisa pour la première fois le suc de betterave dans la fabrication du sucre, pour remplacer le sucre de canne, suivant une indication donnée un demi-siècle auparavant par Fréderic Hoffmann. L'on sait qu'alors Philippe Le Bon inventait le gaz d'éclairage qui fut une curiosité avant de devenir une industrie très prospère. Rappelons aussi qu'un procédé pratique de photographie qui est une application de la photochimie fut inventée et propagée par Niepce et Daguerre. Nous n'avons pas ici à insister sur ces travaux qui se rattachent autant à l'histoire de la Société qu'à celle de la science parvenant à modifier sans révolution et d'une manière bienfaisante la forme de cette société.

Travaux de laboratoire. — Venons-en aux travaux de laboratoire ; il serait injuste de ne pas mentionner ici le nom de Klaproth qui porta l'analyse des minéraux à un degré de perfection encore inconnu, et qui isola l'urane, le tellure et le chrome ; de Vauquelin qui partagea cette dernière découverte ; de Berzélius qui à ses autres titres de gloire ajouta la découverte de silicium ; de Balard qui découvrit le brome, de Wöhler qui découvrit l'aluminum, etc...

Electrolyse de Davy. — Mais ce qui eut le plus d'importance, relativement au progrès de la théorie

chimique, fut la découverte de la pile faite par Volta et l'application de cette découverte à l'électrolyse, œuvre propre de Davy ; ce dernier, non content de décomposer l'eau (préalablement rendue légèrement alcaline ou légèrement acide) par le courant électrique, aperçut que, sous l'influence du courant électrique, une solution devient acide à une électrode et alcaline à l'autre électrode.

La découverte des métaux alcalins. - Puis, en perfectionnant sa méthode, il décomposa les bases alcalino-terreuses et les terres alcalines, découvrant ainsi le sodium et le potassium ; il établit donc que ces alcalis, ainsi que Lavoisier l'avait pressenti, ne sont pas des corps simples ; mais contrairement cependant aux prévisions de Fourcroy, il montra que la soude et la potasse ne contiennent ni azote ni hydrogène, bref, qu'elles n'ont pas une composition analogue à celle de l'ammoniac, et cela malgré la ressemblance de ces alcalis. Il est vrai que le problème ne fut pas immédiatement résolu, que certains chimistes ont pensé que l'ammoniac contient un métal l'ammonium (AzH^4) qui se décompose spontanément en gaz ammoniac et en hydrogène, mais qui peut pourtant donner naissance à un amalgame très instable ; Van Mons s'obstina pendant des années à vérifier une hypothèse aussi séduisante que malheureuse, suggérée par la découverte de cet amalgame, et qui consistait à affirmer que les métaux alcalins, et par suite tous les métaux, contiennent de même que l'ammonium, de l'hydrogène en tant qu'élément constituant et caractéristique.

Le chlore. — Nous reviendrons plus tard, en étudiant Berzélius, sur la doctrine électrochimique proposée d'abord par Davy ; signalons tout de suite que ce savant parvint à démontrer que le gaz appelé jusqu'alors acide *muriatique oxygéné* ne méritait pas ce nom puisqu'il est indécomposable, qu'il fallait donc donner un nom à ce corps simple que l'on appela chlorine, puis chlore... Cette conclusion, déjà entrevue mais repoussée par Thénard et Gay-Lussac, fut au bout de quelques années définitivement admise ; d'autant plus que l'iode ayant été accidentellement isolé par Courtois, Gay-Lussac démontra lui-même la parenté entre les acides iodhydrique et chlorhydrique formés par ces deux éléments combinés avec l'hydrogène.

Les hydracides. — Mais alors, puisque le chlore et l'iode forment des acides hydrogénés, Davy proclama que, contrairement aux théories de Lavoisier, l'oxygène n'est pas nécessairement principe constituant des acides, ce principe constituant étant l'hydrogène. Sans doute, une telle théorie enseignée aujourd'hui dans les écoles ne fut pas admise immédiatement ; l'on se contenta de dire qu'il existe deux sortes d'acides, ceux qui contiennent de l'oxygène, comme l'acide azotique et sulfurique, et ceux qui contiennent de l'hydrogène ou hydracides, tels que l'acide chlorhydrique, l'acide iodhydrique, l'acide sulfhydrique, etc...

III

Les poids atomiques et la constitution de la matière

Expériences qui ont servi à établir les poids atomiques. — Pendant que Davy et une phalange de chercheurs découvraient constamment de nouveaux corps simples, ou de nouvelles combinaisons de ces corps simples, permettant de mieux établir ou de modifier sur quelques points la théorie chimique régnante, des travaux très importants et d'un tout autre ordre entrepris de différents côtés aboutirent à préciser la table des poids atomiques, basée jusqu'alors sur des règles arbitraires.

Les combinaisons gazeuses. 1. Gay-Lussac. — Gay-Lussac établit en 1808, après de nombreuses recherches, la simplicité des rapports volumétriques entre différents gaz se combinant l'un avec l'autre. « J'ai fait voir, écrit-il, que les combinaisons des substances gazeuses les unes avec les autres se font toujours dans les rapports les plus simples, et tels qu'en représentant l'un des termes par l'unité, l'autre est un, ou deux, ou au plus trois. Les contractions apparentes de volume qu'éprouvent les gaz en se combinant ont aussi des rapports simples avec le volume de l'un d'entre eux. »

Ainsi deux volumes d'hydrogène et un volume d'oxygène forment deux volumes de vapeur d'eau ; un volume d'azote et trois volumes d'hydrogène forment deux volumes de gaz ammoniac ; un volume de chlore et un volume d'hydrogène forment deux volumes de gaz acide chlorhydrique.

II. Avogadro. — Que conclure de ces observations ? Avogadro proposa, pour rendre compte de la loi de Gay-Lussac, l'hypothèse suivante : « Le nombre des molécules intégrantes dans des gaz quelconques est toujours le même à volume égal, ou est toujours proportionnel aux volumes » ; la molécule intégrante constitutive de l'individu gazeux étant non la molécule élémentaire des corps simples qui les constituent, mais la molécule formée par la combinaison de ces corps simples. L'on sait que. dans le but de simplifier le langage scientifique, la théorie a réservé le terme d'*atome* à la particule élémentaire du corps simple, et de *molécule* à la particule plus complexe qu'Avogadro appelait molécule intégrante.

Les solides. I. Dulong et Petit. — Les travaux de Gay-Lussac et d'Avogadro ne pouvaient être utilisés qu'à établir les poids atomiques des corps gazeux ; la physique proposa bientôt avec Dulong et Petit, un moyen de déterminer le poids atomique des corps solides; ces savants furent en effet amenés au cours de recherches sur la chaleur spécifique des divers éléments, à énoncer la règle suivante : «Les atomes de tous les corps simples ont exactement la même capacité pour la chaleur », ou si l'on préfère, le

produit du poids atomique d'un corps simple solide par la chaleur spécifique de ce corps est constant... Cette règle, qui permettait sans doute un peu arbitrairement de fixer les poids atomiques et qui étonna de nombreux savants, se montra en général, et sauf pour quelques corps (carbone, bore, silicium), étonnament d'accord avec les procédés de détermination des poids atomiques par voie chimique ; elle révèle donc une véritable parenté entre les divers éléments et dans de nombreux cas le savant n'hésita pas à recourir à elle pour préciser exactement le poids atomique encore indéterminé de tel corps.

II. L'isomorphisme. — Des considérations de cristallographie permirent, elles aussi, de déterminer les poids atomiques d'un grand nombre d'éléments. Les minéralogistes avaient depuis longtemps tenté d'établir un lien entre la composition chimique et la forme cristalline, de déduire même la composition chimique des « *caractères extérieurs* » de tel échantillon naturel. Linné d'abord, Romé de l'Isle ensuite eurent l'ambition promptement déçue de deviner quelle est la substance commune qui déterminerait les parties du diamant, du fer, du soufre ou de l'alun à former des octaèdres réguliers [1]. Plus tard, Nicolas Le Blanc découvrit que plusieurs sulfates se combinent parfaitement entre eux et en toutes proportions : « Ceux du fer et du cuivre sont dans ce cas et il en résulte toujours des rhomboïdes. » Enfin, lorsque la cristallographie prit un aspect systématique par les travaux d'Haüy, et

1. Hélène Metzger, *la genèse de la science des cristaux* p. 68 et 181.

d'autre part lorsque la chimie eut posé les lois des proportions définies et multiples, les deux disciplines scientifiques s'unirent étroitement dans les travaux de Mitscherlich qui, étudiant attentivement les cristaux formés d'un mélange en proportions variables de phosphates et d'arséniates dont la composition chimique est semblable, et la forme cristalline identique, crut pouvoir répondre affirmativement aux questions suivantes qu'il avait posées à l'expérience : « Différents éléments combinés avec le même nombre d'atomes d'un ou de plusieurs éléments ont-ils la même force cristalline ? L'identité de forme cristalline n'est-elle déterminée que par le nombre d'atomes ? Cette forme réelle est-elle indépendante de la nature chimique des éléments[1] ? »

La parenté découverte par Mitscherlich entre les substances susceptibles de donner des cristaux mixtes s'appela bientôt *l'isomorphisme* et la loi de Mitscherlich qui permit à Berzélius et ses successeurs d'établir la formule d'un grand nombre de substances, s'énonce généralement ainsi :

« Lorsque plusieurs corps susceptibles de syncristalliser en toutes proportions forment des cristaux mixtes dont la forme est à peu près semblable à celle des cristaux isolés de chacun de ces corps, ils sont chimiquement analogues et par suite, ils doivent avoir semblables formules chimiques. »

Ainsi l'espérance de déduire la structure chimique d'un corps du seul examen de sa cristallisation, quelque chimérique qu'elle se soit montrée sous sa forme originelle et absolue, se transforma-t-elle en

1. *Annales de Chimie et de physique* 1823, p. 264.

une règle qui a rendu à la chimie les plus signalés services.

Le dualisme électrochimique de Berzélius. — Tous ces travaux accumulés permirent au célèbre Berzélius de donner une vue d'ensemble originale et séduisante de tous les faits que la chimie étudie ; la théorie atomique de Dalton, les lois volumétriques des gaz de Gay-Lussac, la loi des chaleurs spécifiques de Dulong et Petit, la loi de l'isomorphisme de Mitscherlich sont constamment invoquées en même temps d'ailleurs que les propriétés appartenant à tel corps spécial, dans son cours de chimie qui a été souvent remanié, et surtout dans son *Essai sur la théorie des proportions chimiques* détaché de ce grand ouvrage. Mais le but de la science ne consiste pas uniquement à trouver les formules chimiques et les parentés que ces formules décèlent entre les corps. A la suite de Davy qui avait réalisé les premières électrolyses, Berzélius donna une théorie électrochimique de toute réaction qui, après avoir suscité l'enthousiasme, fut rapidement abandonnée; en voici un aperçu rapide.

Quand Davy parvint à scinder par électrolyse les corps salins, il supposa que si les corps combinés précédemment peuvent être séparés par des forces électriques, ce sont aussi des forces électriques qui les avaient unis ; en d'autres termes, l'*électricité* est identique à l'*affinité chimique* que seules les circonstances de l'expérience ont pu faire paraître opposées ; il donnait de ce fait une preuve qui a été démentie par les faits : l'électricité se développe lorsque des corps qui ont tendance à se combiner entrent en contact... Mais cependant l'on

admit vite que l'action chimique réelle est la seule source d'électricité ; et c'est de ce point de vue que partit Berzélius pour bâtir la doctrine électrochimique que la science de son époque accepta.

Berzélius admit donc que tout atome chimique contient deux pôles électriques, l'un positif, l'autre négatif; cependant, lorsqu'il se produit une réaction, cette électricité ne se dégage qu'à un des pôles. Ecoutons J.-B. Dumas exposer cette théorie à ses élèves [1] :

« Mettez par exemple l'oxygène et l'hydrogène dans les circonstances favorables à leur combinaison, les molécules de l'un et de l'autre gaz agiront par leurs deux pôles, qui se réuniront en sens inverse, c'est-à-dire que les pôles négatifs de l'hydrogène se tourneront du côté des pôles positifs de l'oxygène, et que les pôles positifs de l'hydrogène se placeront vers les pôles négatifs de l'oxygène. Mais, comme les molécules ne peuvent abandonner que l'électricité d'un de leurs pôles, d'un côté les électricités contraires se réuniront, de l'autre les électricités en présence et d'espèce contraire se conserveront intactes. La réunion des premières développera de la chaleur et de la lumière ; l'influence réciproque des secondes maintiendra les particules combinées. Ainsi se trouvent expliquées sans difficulté la chaleur et la lumière qui accompagnent l'action chimique, tout comme la permanence des combinaisons. Que l'affinité s'exalte par la chaleur, ce sera chose toute simple ; il faudra y voir un effet semblable à celui qu'éprouve la tourmaline [2].

1. *Philosophie chimique* p. 454.

2. P. 453 « Vous savez que par la chaleur les tourmalines prennent des poles électriques semblables aux poles magnétiques d'un aimant. Voilà l'idée qui a frappé Berzelius dans la conception de sa théorie. »

« Dans cette manière de voir, l'impossibilité de développer de l'électricité par le simple contact ne sera point une difficulté. Il n'y aura point d'électricité dégagée tant que les corps ne feront que se toucher ; il sera inutile qu'il y en ait. Il y en aura au contraire dans l'action chimique à cause du conflit des atmosphères qui enveloppent chaque pôle. Ces atmosphères pourront même concourir aussi à la production de la chaleur et de la lumière. Enfin rien de plus aisé que de comprendre que le même corps ait des intensités diverses ou même opposées. Cela dépendra de l'effet de son antagoniste sur l'écoulement de son électricité polarisée. »

La conception électrochimique de la réaction aboutit à une conclusion que nous n'avons pas encore signalée ; nous voulons parler du dualisme qui prétend que tout complexe pouvant se séparer seulement en deux parties ne peut être composé que de ces deux parties ; un sel ternaire, comme Berzélius l'explique dans la page suivante, n'est pas formé par ses trois constituants, mais par la combinaison d'un acide (radical + O) et d'un oxyde basique (métal + O). Et en effet :

« Si les vues électrochimiques sont exactes, il en résulte que toute combinaison chimique dépend uniquement de deux forces opposées, de l'électricité positive et de l'électricité négative, et que tout composé doit être formé de deux parties réunies par l'effet de leur réaction électrochimique, car il n'y a pas une troisième force. *Il résulte de là que tout corps composé, quel que soit le nombre de ses constituants, peut être séparé en deux parties, dont l'une est électriquement positive et l'autre négative.* Ainsi le sulfate de soude, par exemple, n'est pas formé par

du soufre, de l'oxygène et du sodium, mais bien par de l'acide sulfurique et de la soude qui peuvent être de nouveau séparés en un constituant positif et un constituant négatif. De même l'alun ne peut être considéré comme formé par ses éléments, mais bien comme le produit de la réaction entre le sulfate d'alumine élément négatif, et le sulfate de potasse élément positif : ainsi la théorie électrochimique justifie ce que j'ai dit des atomes composés du premier, du second, du troisième ordre, etc...[1] »

Ce dualisme ressemble en quelque sorte à la théorie de la composition de Stahl et de ses disciples qui admettaient eux aussi une hiérarchie de corps se scindant en corps moins complexes sans toutefois — contrairement à Berzélius — que cette décomposition atteignît jamais le corps élémentaire. La place nous manque ici pour pénétrer dans les détails de la théorie dont nous venons d'indiquer le squelette logique ; constatons que ce dualisme que Berzélius avait imposé à la chimie minérale et que l'on tenta d'appliquer à la chimie organique ne put tenir contre les découvertes que les travaux de Liebig et de Dumas d'abord, de Laurent et de Gerhardt ensuite fournirent à cette dernière ; l'ensemble fut abandonné peu après par la plupart des travailleurs.

Equivalents et atomes. — Nous ne pouvons ici insister sur le développement des théories qui se trouvent en germe dans les travaux mentionnés précédemment ; exposer les motifs des équivalentistes qui écrivaient par exemple l'eau HO, la potasse KOHO, comparer leurs idées avec celle des

1. Cité d'après Ladenburg, p. 83.

atomistes écrivant l'eau H^2O, la potasse KOH ; nous mentionnerons seulement que ces discussions concernant les *nombres proportionnels* (O = 8 pour ceux qui écrivent par équivalent, O = 16 pour ceux qui écrivent par atomes) se sont prolongées pendant tout le XIXe siècle ; ce combat s'est terminé par le triomphe des atomistes qui ont fixé les formules chimiques telles que nous les écrivons aujourd'hui. Nous devons encore signaler qu'un célèbre savant italien, Cannizaro, fut le premier qui exposa (1856) la théorie atomique d'une manière si satisfaisante et si claire qu'elle finit par s'imposer sous cette forme même à la science moderne.

Parenté des corps simples. — Les corps indécomposables tels que la chimie est parvenue à les isoler n'ont-ils entre eux aucun rapport et le savant doit-il se contenter de les étudier un à un comme autant d'êtres primitifs ? A cette question un grand nombre d'expérimentateurs répondirent « oui », sans aucun doute, au début du XIXe siècle ; tout à la recherche d'éléments nouveaux, ils ne se soucièrent pas de dominer d'un coup d'œil la liste des corps simples..., Cependant, un médecin anglais, en méditant sur les théories de Dalton, fit observer que les poids atomiques de la plupart des corps simples sont des multiples du poids atomique de l'hydrogène ; Prout et son collaborateur Thomson supposèrent en conséquence que les atomes élémentaires sont dus à l'accolement d'atomes d'hydrogène, ce qui aurait été un grand pas vers la découverte tant désirée des chimistes de l'unité de la matière ; malheureusement, les travaux entrepris pour vérifier une telle hypothèse montrèrent que cette séduisante manière de voir ne pouvait se soutenir ; à la suite de recher-

ches effectuées par Stas et qui ont été longtemps citées comme des modèles de l'art expérimental, il fut bien établi que les rapports entre les poids atomiques des autres éléments et de l'hydrogène ne pouvaient s'exprimer par un rapport simple ; qu'il fallait chercher dans une autre voie la parenté entre les corps simples.

Or, tout naturellement, les chimistes avaient réuni dans un même groupe les corps ayant quelques propriétés communes ; l'on parlait de métaux et de corps non métalliques ; parmi les métaux l'on citait les métaux alcalins, les métaux alcalino-terreux, etc... Les corps non métalliques, que Berzélius appelait métalloïdes, ont été réunis par J.-B. Dumas en sortes de familles naturelles comprenant des corps dont les composés sont à certains égards semblables : la première famille renfermant le chlore, le brome et l'iode ; la deuxième famille, l'oxygène, le soufre, le sélénium et le tellure : la troisième famille, l'azote et le phosphore ; la quatrième famille, le carbone, la silicium et le bore. Sans doute cette classification était-elle alors purement empirique, et ne prétendait-elle à rien d'autre qu'à la commodité. Sans doute un grand nombre de chercheurs, sans se soucier de remonter au delà des éléments, pensèrent-ils avec Auguste Comte que le problème fondamental de la chimie aurait pu se poser ainsi : « Etant données les propriétés de tous les corps simples, trouver celles de tous les composés qu'ils peuvent former[1]. » Mais cependant, le désir de déterminer quelque parenté entre ces corps simples

1. *Cours de philosophie positive* vol. III — voir un excellent résumé de l'ensemble de la doctrine dans le livre de M. Levy Bruhl. *La philosophie d'Auguste Comte.*

qui ne peuvent être absolument indépendants les uns des autres finit-il plus tard par renaître.

Chancourtois d'abord, Newland ensuite essayèrent de montrer que les poids atomiques des divers corps analogues sont reliés entre eux d'une manière harmonique qui laisse deviner leur ressemblance. Lothar Meyer, dont l'ouvrage sur les théories modernes de la chimie eut une énorme influence, accorda une grande importance à de telles spéculations et s'efforça, par des graphiques, de rendre sensible à l'œil la courbe des poids atomiques ; mais ce qui dans cet ordre de recherches eut un succès extraordinaire et engagea l'avenir de la théorie chimique fut l'œuvre de Mendeleef dont il nous faudra dire quelques mots.

Ce savant voulut établir que les propriétés des éléments sont des fonctions périodiques de leurs poids atomiques ; il disposa donc, en suivant cette idée, la liste des différents éléments en rangeant leurs symboles suivant les poids atomiques croissants ; puis il montra que cette série linéaire peut être elle-même divisée en plusieurs tronçons de corps chimiquement analogues qu'il a disposés les uns au-dessous des autres ; sans doute un tel tableau présentait-il des lacunes ; hardiment, Mendeleef prévut que la chimie découvrirait des corps nouveaux venant combler ces lacunes ; et en effet, les chimistes isolèrent bientôt le scandium, le germanium et le gallium. Ce succès en quelque sorte prophétique du tableau de Mendeleef lui donna sur les savants une autorité de plus en plus grande ; et après un moment de scepticisme, il fut admis par tous, que les propriétés des éléments sont fonction périodique de leur poids

atomique. Mais quelle est la signification d'un tel énoncé ? Nous fait-il faire un pas vers l'unité de la matière ainsi qu'un grand nombre de chimistes l'ont pensé, en rapprochant la loi périodique de la célèbre hypothèse de Prout ? Nous ne pouvons ici indiquer comment ce tableau a pu guider les travaux sur les remarquables transmutations des corps radio-actifs ; signalons seulement que Mendeleef lui-même ne voulait voir aucun rapport entre ses spéculations sur les corps simples et les déductions aventureuses que certains chimistes se croyaient le droit d'en tirer ; pour lui, la fonction périodique chimique se sépare des autres fonctions périodiques en ce sens qu'elle est discontinue, qu'il n'y a point passage direct d'une valeur à l'autre ; bref, que si la parenté des corps simples est établie, nous ne possédons actuellement aucun moyen de préciser quelle est la nature de cette parenté qui se traduit dans nos symboles par une harmonie arithmétique pythagoricienne.

Cependant, la grande majorité des travaux entrepris sous l'impulsion donnée à la science par Mendeleef ont rapproché cette notion de la parenté entre les corps de l'espérance métaphysique d'une matière unique ainsi que cela a été souvent remarqué par les philosophes [1].

1. Voir dans l'ouvrage de Venable un excellent compte rendu historique de la question montrant la ressemblance et l'opposition entre les points de vue hétérogènes des chimistes — et Meyerson, *La déduction relativiste*, chapitre *La tendance apriorique et l'expérience* dans lequel la théorie de la matière unique est considérée comme une tendance primordiale de l'esprit humain.

IV

L'essor de la chimie organique

L'étude des principaux composés organiques, qui avait donné lieu à tant de recherches, aussi consciencieuses qu'infructueuses, durant le XVIIe siècle, fut peu à peu délaissée et au début du XIXe siècle était tombée en désuétude; sans doute pourrait-on signaler un grand nombre de recherches techniques dues à des pharmaciens ou à des médecins, la découverte de nombreux acides par Scheele, la remarquable analogie entre les phénomènes de combustion et de respiration, pressentie d'abord par Boyle, confirmée par Lavoisier ; mais les faits établis par d'excellents travailleurs restaient alors comme isolés les uns des autres, sans qu'aucune théorie générale n'essayât de les englober sous un point de vue unique. Les grands principes de la chimie que nous avons précédemment étudiés n'ont été acquis à la science qu'à la suite de travaux concernant les substances dites minérales ; en 1819, Berzélius doutait encore que la loi des proportions multiples fût applicable aux corps vivants ou à leurs produits, et plus tard, Auguste Comte crut devoir rejeter hors de la science l'ensemble de la chimie organique.

C'est que l'insuccès même des travaux de l'ancienne chimie, joint à un vitalisme assez simpliste, avait éloigné les savants, et de l'analyse et surtout

de la synthèse des corps organiques ; l'on assignait alors à la chimie, comme but, la décomposition des complexes en éléments plus simples qu'elle décomposerait peut-être encore. La force vitale, au contraire de la nature physique et de la science, coordonnait les éléments simples pour les transformer en corps plus complexes, et même en organismes ; cette force vitale était par essence en dehors des investigations du chimiste ; de là, une sorte de résignation du chercheur devant ce qui restait inaccessible aux moyens dont il disposait... Une telle manière de voir, qui avait été celle de Stahl, de Buffon et de Baumé, s'étale dans l'œuvre de Lamarck, est acceptée par Berzélius, et laisse encore quelque trace dans le traité de chimie organique du célèbre Gerhardt.

L'essor que prit la chimie organique dès le premier quart du XIXe siècle, les progrès continus de cette discipline scientifique depuis cette époque jusqu'à nos jours, le développement donné à l'industrie, à la pharmacie, à la médecine, à la biologie même par les travaux de ses adeptes mériteraient d'être longuement signalés ; malheureusement, il est impossible de pénétrer dans le domaine de la théorie sans entrer dans les détails d'une technique que nous n'avons pas à exposer. En dehors des généralités, et des principales découvertes que nous signalerons ici, nous renverrons le lecteur a quelque ouvrage spécial [1].

Mais d'abord, de quoi sont composées la plupart des substances organiques ? Le chimiste apercevra

1. Notamment les ouvrages allemands de Hjelt et de Graebe spécialement consacrés à la chimie organique. Celui de M. Delacre traite surtout de la chimie organique moderne.

très rapidement que très peu d'éléments entrent dans leur composition ; ces éléments sont presque toujours le carbone, l'hydrogène, l'azote et l'oxygène ; ce sont donc ces mêmes corps qui, par leurs diverses combinaisons, forment cette multitude de substances différentes qui effrayent le chimiste par leur nombre et leurs variétés. Il s'agit d'abord d'isoler ces éléments, de les doser, de déterminer leurs proportions dans les combinaisons ; des savants de grande valeur, parmi lesquels il faut citer Gay-Lussac, Thénard, Berzélius, et Liebig, parviennent progressivement à résoudre ce difficile problème de technique expérimentale.

Pour que ces analyses puissent être véritablement utiles, il faut qu'elles s'appliquent à des corps purs et non à des mélanges plus ou moins intimes de substances chimiques diverses ; or, la plupart des matières organiques telles que la nature les fournit, loin de représenter une espèce chimique définie, en comprennent en réalité plusieurs qui sont inextricablement mêlées ; c'est ce que Chevreul établit d'abord ; puis il surmonta la difficulté en posant sa célèbre distinction entre l'*analyse immédiate* et l'*analyse élémentaire ;* la première destinée uniquement à séparer les espèces chimiques les unes des autres, et utilisant des procédés physiques tels que les distillations fractionnées, les différences de solubilité, etc., la seconde s'appliquant ensuite à déterminer et à doser les éléments des corps purs ainsi isolés.

Mais qu'est-ce qu'un composé organique ? Primitivement, les chimistes donnaient ce nom à tout produit d'origine animale ou végétale, ou dérivant de l'activité physiologique d'animaux ou de végétaux :

puis ils ont étendu l'expression à tous les corps obtenus en faisant réagir certains éléments tels que le chlore, le brome, l'oxygène, sur ces composés ; enfin, ils ont décrété que la chimie organique étendrait son domaine à tous les complexes du carbone, quelle que soit la manière dont on les obtienne, qu'on les extraie directement ou indirectement d'êtres vivants ou qu'on les produise synthétiquement!

Généralités. — Nous allons très brièvement signaler les principaux faits, les principales découvertes de la chimie organique, sans nous astreindre à pénétrer profondément leur signification doctrinale et leur enchaînement. Quand, au début du XIXe siècle, les chimistes s'aperçurent que les produits organiques pouvaient être étudiés par eux avec intérêt et profit, ils se hâtèrent de les torturer de toutes les manières possibles ; ils voulurent les décomposer, les oxyder, les déshydrater et, plus généralement, voir comment ils se comporteraient avec tous les réactifs connus et cela à toutes les températures ; puis, pour mettre de l'ordre dans leurs travaux, ils tentèrent de classer ces innombrables produits de manière à se frayer un chemin dans l'immense domaine qu'ils exploraient.

Les corps gras. — Signalons d'abord les travaux rapidement devenus classiques du célèbre Chevreul, sur les corps gras d'origine animale ; ce savant montra qu'en ajoutant une molécule d'eau aux suifs et graisses, etc., on décompose ces corps en glycérine (découverte par Scheele) et en véritables acides organiques complexes (dits gras, stéariques, palmi-

ques, etc...) susceptibles de donner des sels en se combinant aux bases alcalines ; la glycérine jouait là en quelque sorte le rôle de base... Cette réaction très importante, en plus de son intérêt théorique, présentait un intérêt pratique, et permit de perfectionner l'industrie des savons, en même temps que de créer celle des bougies.

Découverte de la fonction alcool. Les fonctions chimiques. — Ce qui ajouta à la valeur de cette découverte fut celle des fonctions organiques chimiques faite d'abord sur l'étude d'un corps isolé par Dumas et Peligot ; ces savants établirent que l'*esprit de bois* (alcool méthylique) est absolument semblable à l'*esprit de vin* ou alcool, et par là ils montrèrent que ces deux substances organiques étaient des espèces d'un genre auquel ils donnèrent le nom d'alcool ; par là encore ils invitèrent les chimistes à ranger dans différentes classes les substances organiques qu'ils étudièrent.... Cette généralisation que Fremy considéra comme un fait scientifique considérable fut bientôt confirmée par de nombreux travaux ; la chimie d'aujourd'hui compte un grand nombre d'alcools. Berthelot établit plus tard que la glycérine étudiée autrefois par Chevreul était elle aussi un alcool, c'est-à-dire que sa combinaison avec les acides gras devaient rentrer dans la classe des éthers-sels dus à la combinaison des acides et des alcools. L'éther ordinaire devint aussi le type d'une classe de complexes que l'on appela les éthers-oxydes ; puis l'on découvrit les aldéhydes, les ammoniaques complexes, les phénols, etc., dont on trouvera la description dans n'importe

quel traité de chimie organique... Ces grands travaux que nous ne pouvons même énumérer sont dus à l'activité de williamson, de wöhler, et surtout de Liebig qui sut attirer pendant de longues années dans son laboratoire de Giessen la plupart des jeunes gens se destinant aux recherches chimiques.

Les radicaux. — Le mot *radical* avait été introduit dans la chimie par Guyton de Morveau et Lavoisier qui désignaient par ce terme, soit les éléments constitutifs des corps gazeux que l'on ne peut obtenir isolés (les gaz, hydrogène, azote, oxygène, étant dus à l'union du radical calorique avec les radicaux, hydrogène, azote ou oxygène) , soit par extension la partie complexe des corps organiques privés du radical oxygène (l'acide acéteux formé du radical acéteux et du radical oxygène).

Cette dernière notion seule fut adoptée par les savants qui rejetèrent hors de la chimie le radical calorique. Berzélius en fit un usage constant, et dans la chimie minérale — puisqu'il appelait radical ammonium le groupe complexe qui joue le rôle de la soude et de la potasse dans les sels ammoniacaux — et dans la chimie organique pour désigner un acide privé de son oxygène.

Cette notion du reste survécut au dualisme de Berzélius, et en 1837, Liebig et Dumas s'associèrent pour donner la définition suivante des radicaux : « La chimie organique présente des radicaux qui jouent le même rôle que les métaux ou les métalloïdes. Ces radicaux se combinent entre eux ou avec les corps simples donnant naissance à toutes les combinaisons organiques... La chimie organique

se résume donc dans la recherche de ces radicaux et de ces propriétés ».

Mais qu'est-ce qu'un radical ? Dumas espérait bien parvenir à les isoler tous, comme Gay-Lussac avait isolé le cyanogène, et comme le célèbre Bunsen allait bientôt isoler le cacodyle. Liebig au contraire n'attachait aucune importance à connaître les radicaux isolés ; il ne demandait à cette hypothèse que de parvenir à faire mieux comprendre la formation des complexes ; les travaux de Laurent et de Gerhardt imposèrent cette manière de voir à la science.

L'isomérie. — En 1823, Liebig, faisant l'analyse du fulminate d'argent, découvrit que ce corps avait exactement la même composition que le cyanate d'argent récemment étudié par Wöhler. Croyant une des deux analyses erronée les deux jeunes chimistes collaborèrent afin de vérifier leurs travaux et à leur grand étonnement établirent que les chiffres trouvés par chacun d'eux étaient exacts. — Il fallut donc admettre que plusieurs corps chimiquement définis ont parfois une même composition ; le fait d'abord isolé, ne tarda pas à être confirmé par de nombreuses recherches de Faraday, de Berzélius, etc. Ce dernier le baptisa *isomérie* et parvint même à établir plusieurs formes d'isomérie. Mais à quoi pouvait-on attribuer les différences énormes entre corps à compositions semblables ?

Guidé par d'anciennes affirmations de Thénard, aussi bien que par de récents essais, Dumas n'hésita pas à attribuer les différences entre les isomères aux différence de structure entre les molécules di-

verses et par là il ouvrait la voie qui devait conduire à l'établissement des formules de structure.

Les substitutions. — En étudiant les réactions de certains corps gazeux sur les substances organiques, Dumas constata qu'une partie de ces corps se combinait à l'hydrogène de cette substance ,et aussi qu'une autre partie prenait pour ainsi dire la place de l'hydrogène dans le complexe ; il énonça la règle suivante qu'il appela la loi empirique des substitutions : « Quand un corps hydrogéné est soumis à l'action deshydrogénante du chlore, du brome, etc., pour chaque atome d'hydrogène qu'il perd il gagne un atome de chlore, de brome, etc. les corps substitués qui se produisent ainsi possèdent en général les propriétés fondamentales du corps primitif. »

Cette loi, combattue d'abord par Berzélius qui la trouvait opposée à son dualisme fut cependant rapidement admise par la majorité des savants ; Laurent déclara bientôt, au grand étonnement de Dumas lui-même, que le chlore, le brome, etc., remplacent véritablement l'hydrogène et que pour connaître la formule d'une substance organique chlorée ou bromée, il fallait substituer un Cl ou un Br à un H.

Nous ne pouvons ici, ni exposer toutes les conséquences de la nouvelle manière de voir, ni pénétrer dans les hypothèses que les découvertes firent naître, ni raconter les discussions fort passionnées qui dégénérèrent rapidement en disputes violentes et animèrent alors les chimistes les uns contre les autres. Avec le recul du temps, les points de vue doctrinaux alors si controversés ne sont pas aussi opposés qu'il avait paru tout d'abord, et les savants parfois ennemis semblent en quelque sorte avoir con-

tribué à une même œuvre. D'une manière générale, nous pouvons simplement dire ceci : que le dualisme de Lavoisier et de Berzélius fut abandonné, et remplacé par le système unitaire, ou, si l'on préfère, qu'à l'idée de combinaisons résultant *d'additions,* la nouvelle école dont Gerhardt fut le plus brillant représentant fit adopter l'idée que les corps sont formés par *substitution.*

Dumas, déjà, s'appliquait à prouver que les corps organiques sont construits sur un très petit nombre de types. Laurent, généralisant la doctrine des radicaux tout en la transformant quelque peu, admit que ces derniers auxquels il donna le nom de *noyaux* n'avaient pas une composition élémentaire fixe, que certains corps simples pouvaient se substituer atome par atome à d'autres sans que la structure chimique fût changée. Enfin Gerhardt fit remarquer qu'un grand nombre de complexes ne varient les uns des autres que par l'absence ou la présence de radicaux CH^2 ; il appela le groupe de chacun de ces composés « série homologue » ; de même il voulut démontrer une analogie entre les dérivés par substitution de chacun des carbures d'hydrogène ; il donna ainsi une classification que dans ses grandes lignes la science a conservée et que les admirables travaux de Williamson et de Wurtz confirmèrent et perfectionnèrent.

Les formules de Kekulé. — Ces travaux d'ailleurs réagissant en quelque sorte sur la chimie minérale qui peu à peu ne formait qu'un bloc avec la nouvelle chimie organique invitèrent les savants d'une part à reviser entièrement la liste des poids équiva-

lents ou atomiques d'autre part, à préciser la notion de valence ou d'atomacité ; et enfin seulement à la longue amenèrent le triomphe des atomistes dont les plus grands noms sont Wurtz et Kekulé, sur les équivalentistes, d'admirables savants eux aussi, Sainte-Claire-Deville et Berthelot. Sans entrer dans le détail des discussions, nous dirons quelques mots de l'œuvre de Kekulé. Celui-ci, revenant en quelque sorte des radicaux aux atomes, supposa que dans les combinaisons, chaque atome s'attache à celui que le précède et le suit, comme dans une chaîne les chaînons se relient les uns aux autres ; aucun chaînon ainsi formé ne peut se détruire sans que la chaîne entière ne se brise. Il faut remarquer d'ailleurs que les atomes des différents corps n'ont pas tous le même nombre d'attaches pouvant former des chaînons ; certains comme l'hydrogène n'en ont qu'un et sont, comme on dit, monovalents ; d'autres comme l'oxygène en ont deux et sont divalents; d'autres comme l'azote en ont trois et sont trivalents ; enfin le carbone en a quatre et il est tétravalent. A l'aide de ces données fort simples, Kekulé put inscrire les formules développées de presque tous les corps de la chimie organique ; les radicaux furent alors représentés par un groupe d'atomes liés ensemble, ayant cependant une attache libre leur permettant de s'accrocher après un autre radical et imprimant au composé les propriétés caractérisant le groupe... Rappelons que Kékulé représentait les carbures de la série grasse par une chaîne ouverte, et les carbures de la série aromatique par une chaîne fermée, les derniers atomes se soudant aux premiers ; l'on sait quels services l'hexagone de la benzine a rendus à la chimie.

La synthèse organique. — La chimie organique avait encore une grande conquête à faire ; celle de la synthèse des substances qu'elle sait si bien analyser et en quelque sorte disséquer. Elle espérait démontrer, si elle réussissait dans une telle entreprise, que la *force vitale,* qui depuis plus d'un siècle avait été opposée à la *force chimique,* et limitait théoriquement la puissance de l'expérimentateur, ne représentait qu'un fantôme inexistant, imaginaire, qui devant l'évidence des faits ne pourrait que s'évanouir. Tel fut du moins le point de vue doctrinal qui anima un grand nombre de chercheurs et notamment Berthelot.

Il est juste de dire que certains chimistes avaient déjà artificiellement reproduit des corps complexes habituellement créés par la vie ; la synthèse de l'urée faite par wölher au début du XIXe siècle avait été fort remarquée ; celle de l'acide acétique par Kolbe eut un grand retentissement ; mais peut-être, pensait-on, ne fallait-il pas tirer argument de ces réussites fortuites de corps placés probablement à la limite de la chimie minérale et de la chimie organique ; les travaux d'ensemble faits par Berthelot eurent donc un succès pour ainsi dire philosophique et donnèrent lieu à des contreverses qui dépassent de beaucoup le domaine de la chimie. Ce savant réalisa successivement la synthèse de l'alcool et des corps de la série grasse, de l'acétylène qu'il parvint à transformer en benzine; partant de ces substances, il montra que l'on pourrait obtenir sans l'aide de la vie presque tous les produits qui avaient paru autrefois purement vitaux.

N'insistons pas sur ces admirables travaux ; contentons-nous de remarquer que c'est en suivant les

voies ouvertes par Liebig, Laurent, Gerhardt, Williamson, Wurtz, Kékulé, Bunsen et Berthelot que la chimie organique a progressé en tant que science pure, et qu'elle a fourni à l'industrie et à la pharmacie un grand nombre des produits dont nous jouissons aujourd'hui.

Physique et recherches chimiques

Introduction de la physique dans les recherches chimiques. — La chimie, nous l'avons vu précédemment, s'était surtout développée durant la première moitié du XIX[e] siècle, en découvrant des éléments encore inconnus, en créant des complexes ou des séries de complexes, en précisant les poids atomiques des premiers, la composition des seconds, et, d'une manière plus générale, en s'efforçant à classer rationnellement les uns et les autres. Sans que ces problèmes primordiaux disparaissent jamais des préoccupations de l'expérimentateur, qui vraisemblablement, aura longtemps encore l'occasion de se les poser, nous voyons peu à peu les instruments et les spéculations des physiciens venir apporter leur aide à la chimie et, par là, transformer profondément l'aspect théorique de cette science. — Très brièvement, et sans entrer dans aucun détail technique, nous allons énumérer les plus importants progrès réalisés par cette sorte d'alliance.

Cristallographie et chimie dans l'espace. — Signalons tout d'abord les recherches cristallographiques de Pasteur, qui étudia l'acide tartrique, corps présentant trois formes différentes : l'une, optiquement

inactive, due vraisemblablement à la combinaison des deux autres, douées du pouvoir rotatoire, et déviant le plan de polarisation de la lumière soit à droite, soit à gauche ; ces deux dernières formes ne sont pas superposables, mais se ressemblent comme un objet et son image réfléchie dans un miroir, ou, si l'on préfère, comme la main droite et la main gauche. D'où provient cette dissymétrie de deux corps à tous égards semblables ? Pasteur n'hésita pas à l'attribuer à l'arrangement des atomes réunis dans la molécule. — Il tenta de préciser sommairement cette indication qui, développée plus tard par Lebel et Van T'Hoff, devint ce que ce dernier a appelé *la chimie dans l'espace.* Ces savants représentèrent la molécule des corps par des figures en quelque sorte solides ; les quatre valences du carbone furent placées au sommet d'un tétraèdre et furent saturées diversement suivant leur orientation ; le carbone assymétrique parvint à expliquer le pouvoir rotatoire et d'autres particularités des isomères. — La théorie fut étendue avec succès à la représentation des complexes d'autres corps simples.

L'analyse spectrale. — La découverte remarquable de l'analyse spectrale est due à la collaboration de deux célèbres professeurs d'Heidelberg : Bunsen et Kirchoff. — L'on savait depuis longtemps que les complexes de certains éléments jouissent de la propriété de colorer très vivement les flammes : le sodium en jaune, le cuivre en vert. Cette propriété (utilisée dans les feux de Bengale) servait de guide aux analyses qualitatives, mais cependant donnait des indications aléatoires, les éléments colo-

rants étant bien souvent mélangés. Bunsen eut alors l'idée de séparer les diverses couleurs dont la réfraction est différente en les regardant à travers un prisme ; en perfectionnant cet instrument, en le transformant en spectroscope, Kirchoff remarqua que les substances émettant dans la flamme ces radiations colorées ont aussi la propriété de les absorber quand la lumière les traverse, et qu'elles sont à l'état gazeux ; de sorte que la lumière blanche perd alors ces dites radiations. Si on la regarde alors à travers le spectroscope, son spectre présente des raies obscures caractérisant des éléments qu'elle a rencontrés sur sa route. — De ces observations et réflexions, nos savants déduirent qu'il était possible de faire connaître les corps simples faisant partie de l'atmosphère des étoiles et finirent par établir que la chimie des corps célestes était semblable dans ses grandes lignes à la chimie des corps terrestres ; cette importante conclusion ouvrit une voie nouvelle à l'astronomie et excita très vivement la curiosité du public. Elle n'influença pas d'ailleurs seulement cette science. En étudiant les minéraux par cette nouvelle méthode, ils pressentirent l'existence de deux éléments nouveaux, le rubidium et le caesium, qu'ils ne tardèrent pas à isoler. — Des découvertes remarquables furent bientôt faites en utilisant le même procédé : celle du thallium par Crookes, de l'indium par Reich et Richter, du gallium par Lecoq de Boisbaudrant. La chimie des astres parvint même à influencer la chimie terrestre puisque l'hélium fut signalé dans le soleil par Franckland et Lockyer avant d'être isolé dans le laboratoire.

Dissociation et équilibres chimiques. — Vers la même époque, Sainte-Claire-Deville fit une découverte fort importante : pour expliquer certaines anomalies curieuses que présente la vapeur d'eau quand elle a été mise en contact avec du platine fondu, cet habile chimiste supposa qu'aux très hautes températures, cette vapeur est décomposée en ses éléments, l'oxygène et l'hydrogène ; qu'une telle décomposition n'a pu encore être observée, parceque quand la température s'abaisse, les deux gaz se combinent pour donner de la vapeur d'eau. Pour vérifier cette hardie hypothèse, il imagina un dispositif ingénieux qui lui permit de refroidir instantanément (avant qu'ils ne puissent s'unir à nouveau) les deux gaz isolés par l'expérience. Constatant l'admirable succès de ses prévisions, il se hâta d'explorer le champ nouvellement ouvert à son activité ; il étudia systématiquement les décompositions semblables du gaz carbonique, des composés ammoniacaux, et de bien d'autres corps encore.

Sainte-Claire-Deville appela *dissociation* la décomposition des vapeurs à haute température ; il constata qu'au-dessous de la température de dissociation totale, et au-dessus de la température de composition totale, existe une zone dans laquelle le composé primitif et les produits de sa décomposition restent en équilibre, que dans cette zone la réaction est incomplète ; le savant eut alors l'idée de comparer cet équilibre chimique aux équilibres physiques d'un solide avec sa vapeur ; et enfin il admit l'analogie complète des phénomènes de dissociation avec les modifications des états physiques.

Les travaux de Sainte-Claire-Deville ne restèrent pas isolés, et un grand nombre de recherches furent

entreprises pour les vérifier. Dans une autre voie Berthelot et Péan de Saint-Gilles aboutirent eux aussi à des résultats fort semblables. En étudiant les réactions réciproques des acides et des alcools, ces expérimentateurs observèrent que la formation des éthers-sels qui résulte de ces mélanges ne se poursuit pas jusqu'à épuisement complet des corps en présence. Il s'établit alors dans le mélange un équilibre entre les substances qu'il contient, l'acide, l'alcool et l'éther-sel ; une fois cet équilibre obtenu, et tant que les conditions physiques restent semblables, la réaction semble arrêtée : peut-être, pensa-t-on, la réaction se produit dans les deux sens, et la quantité d'éther-sel due à la combinaison de ses constituants est-elle constamment égale à la quantité d'éther-sel dissociée.

Par ces spéculations, ces expériences et d'autres semblables qu'il serait trop long d'énumérer, le chimiste fut pour ainsi dire invité à entrer dans la voie que la *statique* de Berthollet avait indiquée, mais où personne depuis lors n'avait pensé à s'engager ; il s'intéressa alors non plus seulement aux produits finaux de la réaction, mais à la réaction elle-même, aux équilibres réalisés entre les corps en présence, à la vitesse de la réaction, bref à la mécanique chimique.

Parmi les promoteurs de ce mouvement, nous devons surtout citer Gudberg et Wague qui énoncèrent pour la première fois la loi de l'action de masse sous une forme mathématique. A l'idée vague de masse chimique, admise autrefois par Berthollet, ces savants substituèrent la notion précise de *masse active,* désignant par ce mot le nombre de molécules

d'une substance contenue dans l'unité de volume[1] ; la vitesse avec laquelle deux corps réagissent l'un sur l'autre étant égale au produit de leurs masses actives par un coefficient d'affinité, grandeur qui dépend de la nature chimique des substances et de leur température.

Thermochimie. — Par une toute autre voie encore, la physique, ou plutôt la thermodynamique parvenait à s'emparer de la science chimique. Tomsen d'abord, Berthelot ensuite énoncèrent et développèrent les principes de la *thermochimie,* dont nous allons donner les énoncés tels que Berthelot les a formulés dans son *essai de mécanique chimique :*

« I. *Principe des travaux motéculaires. -- La quantité de chaleur dégagée dans une réaction quelconque mesure la somme des travaux chimiques et physiques accomplis dans cette réaction.*

» Ce principe fournit la mesure des affinités chimiques.

» II. *Principe de l'équivalence des transformations chimiques autrement dit : Principe de l'état initial et de l'état final. — Si un système de corps simples ou composés, pris dans des conditions déterminées, éprouve des changements physiques ou chimiques capables de l'amener à un nouvel état physique sans donner lieu à aucun effet mécanique extérieur au système, la quantité de chaleur dégagée ou absorbée par l'effet de ces changements dépend uniquement de l'état initial et de l'état final du système, elle est la même quelles que soient la nature et la suite des états intermédiaires.*

1. Voir Ladenbourg, ouv. cité, p. 303.

» Ainsi la chaleur dégagée dans une transformation chimique demeure constante, de même que la somme des poids des éléments.

» III. *Principe du travail maximum. — Tout changement accompli sans l'intervention d'une énergie étrangère tend vers la production du corps ou du système de corps qui dégage le plus de chaleur.*

» La prévision des phénomènes chimiques se trouve ramenée par ce principe à la notion purement physique et mécanique du travail maximum accompli par les actions moléculaires.

» Signalons encore l'énoncé suivant, qui se déduit du précédent et qui est applicable à une multitude de phénomènes.

« *Toute réaction chimique susceptible d'être accomplie sans le concours d'un travail préliminaire et en dehors de l'intervention d'une énergie étrangère à celle des corps présents dans le système, se produit nécessairement si elle dégage de la chaleur.* »

Cette sorte de pénétration de la science de la chaleur dans la théorie chimique eut un énorme retentissement, et si les savants n'ont pu maintenir entièrement la doctrine de Berthelot, c'est en s'inspirant de son point de départ qu'ils ont modifié son aspect. Et d'abord, le principe de l'état initial et de l'état final, d'accord avec l'expérience et la thermodynamique, fut promptement agréé par tous. Il en fut tout autrement du principe du travail maximum souvent vérifié il est vrai, mais que de nombreuses exceptions rendaient apparemment douteux. Berthelot s'appliqua cependant à rendre compte des phénomènes qui semblaient s'opposer à cette règle ; d'après elle, en effet, toutes les réactions spontanées

devraient se produire dans le même sens, être comme l'on dit exothermiques (dégageant de la chaleur) ; les réactions opposées (endothermiques, absorbant de la chaleur) ne pouvant se produire que si elles sont en quelque sorte constamment actionnées par un dégagement de chaleur provenant de l'extérieur. Or, pour ne citer qu'un cas, comment le principe du travail maximum pourrait-il s'appliquer aux dissociations observées par Saint-Claire-Deville ? l'eau par exemple qui se forme spontanément du mélange détonnant à des températures assez basses, se décompose aussi aux très hautes températures. Afin d'expliquer cette classe de faits, Berthelot invoqua bientôt une distinction importante entre la chaleur dégagée par les phénomènes physiques qui accompagnent la réaction et celle d'origine chimique qui caractérise cette réaction ; la première viendrait pour ainsi dire obscurcir l'application du principe du travail maximum, mais il serait sans doute possible de la distinguer de la seconde.

Or, les adversaires de Berthelot ont déclaré rapidement que la distinction ci-dessus ne pouvait être qu'arbitraire ; que s'il est vrai qu'aux basses températures les réactions exothermiques se produisent spontanément, c'est le contraire qui est vrai aux très hautes températures. En toute rigueur, a fait observer Van T'Hoff le principe du travail maximum ne s'applique qu'au Zéro absolu !

Mais ceci admis, doit-on le rejeter entièrement de la chimie ? D'après des voix autorisées il ne le semble pas : « En réalité, dit M. Le Chatelier [1], le prin-

1. Leçons sur le carbone, p. 217.

cipe du travail maximum constitue une première approximation extrêmement intéressante », si on ne le prend pas absolument à la lettre; et il n'a mérité ni les éloges enthousiastes, ni les violentes critiques formulées par les chimistes d'écoles diverses ; et M. Moore a fait observer que bien qu'on ne puisse[1] l'admettre rigoureusement, « on l'utilise comme une règle de pratique qui renseigne exactement dans la majorité des cas ».

Opposition de Sainte-Claire-Deville et Berthelot à la théorie atomique. — Les travaux de Sainte Claire-Deville sur la dissociation, ceux de Berthelot sur la thermochimie contribuaient à rapprocher la chimie de la physique générale, à la retrancher de l'isolement dans lequel elle semblait se cantonner. — Chose curieuse : Berthelot, aussi bien que Sainte-Claire-Deville, crurent pouvoir attaquer, et la théorie, et la notation atomique admises alors par les chercheurs ; dans leur souci de ne pas dépasser les résultats stricts de l'expérience, ils refusèrent de prendre en considération l'hypothèse d'Avogadro et même la loi des volumes gazeux découverte par Gay-Lussac ; ils insistèrent sur les anomalies apparentes et par là eurent avec Wurtz de très vives discussions.

Sans doute, la plupart des chimistes, tout en admirant profondément l'œuvre expérimentale et théorique de ces grands maîtres, ne furent aucunement séduits par ce point de vue sceptique. Avec Lothar Meyer, dont le livre sur les *Théories modernes de la chimie* eut une très grande influence, ils voulu-

1. p. 202.

rent, pour faire progresser leur science, utiliser toutes les parties de la doctrine chimique ; sans nier le caractère hypothétique de l'atomisme, sans entrer dans aucune discussion, sans se douter non plus qu'ils répétaient l'argumentation ancienne de Stahl, ils se contentèrent de dire : « Les atomes échappent à l'observation immédiate ; ce ne sont que des grandeurs hypothétiques. Cependant, si on ne les admet pas, un grand nombre de phénomènes chimiques et même physiques ne peuvent trouver aucune explication théorique. Aussi leur existence et la théorie atomique dont elle est la base ont-elles acquis un grand caractère de probabilité [1]. »

Depuis cette époque, quelques rares critiques ont été émises contre la théorie atomique, notamment par Duhem et par M. Ostwald ; malgré l'autorité légitime qu'avaient ces savants, elles ont en général trouvé peu d'échos parmi les chimistes. — D'ailleurs, il faut le reconnaître, les objections qu'on a pu élever contre l'atomisme n'eurent plus comme but d'attaquer les notations et les formules développées, dont la chimie organique a fait un merveilleux usage, et dont elle ne pourrait, dans l'état actuel des choses, se passer. Les savants dont nous parlons visaient d'une part à transformer la théorie de la connaissance, d'autre part à substituer au prestige séculaire de la théorie mécanique, une noudoctrine fondée sur la thermodynamique.

1. Lothar Meyer. Vol. I, p. 129.

VI

De quelques travaux récents

N'insistons pas ; pour ne pas entrer dans des discussions récentes qui ne sont peut-être pas définitivement apaisées, nous arrêterons ici, vers la fin du troisième quart du XIXe siècle, cette perspective sommaire sur l'évolution de la chimie moderne ; sans doute, une telle prudence nous imposera quelques sacrifices. Nous nous abstiendrons donc de résumer les admirables découvertes de faits, ou les fructueuses spéculations théoriques qui sont presque contemporaines ; nous voulons parler des découvertes de Moissan à l'aide du four électrique, ainsi que de l'isolement du fluor ; des travaux de Ramsay sur l'azote qui aboutirent à la découverte de l'argon et autres gaz rares contenus dans l'atmosphère ; de la découverte de la radio-activité de l'uranium par Becquerel, bientôt suivie par celle du radium qui assura la gloire de M. et Mme Curie et encouragea une phalange de chercheurs à isoler d'autres corps doués de propriétés aussi étranges, à approfondir la théorie de la radio-activité, à l'appliquer à la médecine; des recherches de Raoult sur l'abaissement du point de congélation des solutions ; de l'extension à ces solutions des équations de l'état gazeux par Van T'Hoff : de la règle des phases établie par Gibbs ; de leur étude systématique par Bakuis Roo-

seboom ; de la loi du déplacement d'équilibre énoncée par M. Le Chatelier ; de la théorie des ions due à M. Arrhénius... Arrêtons là notre énumération ; elle deviendrait vite fastidieuse et pourtant resterait incomplète tant les efforts des chimistes se sont pousuivis fructueusement dans les directions les plus variées accroissant chaque jour la pénétration de la théorie et le domaine des applications.

Un mot sur la chimie industrielle moderne. — Or, on l'a probablement remarqué, les pages précédentes ne contiennent aucune allusion à l'essor de la chimie industrielle, qui, joignant ses efforts à ceux des parties de la physique appliquée dont l'ensemble constitue l'art de l'ingénieur, a complètement modifié les conditions d'existence de la société humaine ; cette révolution économique pacifique, due au développement des sciences, cette transformation de notre vie de tous les jours n'appartient pas à proprement parler à l'histoire des sciences, mais à l'histoire de la civilisation et à la sociologie. La description des procédés, leur développement successif est beaucoup trop technique pour pouvoir trouver place ici ; elle nécessiterait un gros volume et nous ne pouvons que renvoyer le lecteur à un ouvrage spécial [1]. Nous nous bornerons à nommer quelques industries qui se sont considérablement développées au cours du XIX[e] siècle et qui ont constamment réagi les unes sur les autres, en même temps d'ailleurs qu'elles fournissaient des sujets de travail à la chimie pure qui réciproque-

1. Notamment à celui de M Colson sur l'*essor de la chimie appliquée.*

ment parvenait à modifier avantageusement les procédés de la chimie appliquée. La chimie pratique, qui a acquis aujourd'hui une telle importance, est à la fois une récompense, une vérification et un excitant de la chimie théorique. Depuis que la grande industrie minérale s'est constituée au début du XIXe siècle, que de progrès accomplis, et cela dans toutes les directions! La découverte de l'électrolyse a donné naissance à la galvanoplastie ; la découverte de la nitro-glycérine, due à une étude de la réaction des acides minéraux sur la glycérine (sous-produit de la fabrication des bougies et des savons), a permis à Nobel d'inventer la dynamite, chose qui a renouvelé l'industrie des explosifs, modifié les travaux des mines, transformé l'art de la guerre. D'autre part, dans les goudrons, résidus autrefois inutilisés de la fabrication du gaz d'éclairage, les savants, ont découvert la benzine et, partant de là, les phénols, la naphtaline, les parfums, les colorants.

Bien que nous n'ayons pas même mentionné la métallurgie, l'industrie des engrais, la recherche des pétroles, choses dont la vie économique et sociale dépend actuellement, nous pouvons d'un coup d'œil mesurer le chemin parcouru depuis l'époque de la Renaissance, où la jeune chimie qui n'avait pas encore acquis droit de cité dans la science dispersait ses efforts en recherches de détails plus ou moins habilement reliés à de vastes systèmes métaphysiques, jusqu'à nos jours, où elle est devenue, en même temps qu'un chapitre prépondérant de la science théorique, une puissance pratique extrêmement importante.

Notices biographiques

Ces notices, extrêmement courtes sont consacrées aux chimistes cités dans le cours du présent travail; elles sont uniquement destinées à permettre de les situer, dans leur temps, dans leur pays et dans leur milieu social. — Nous avons évité de parler de savants contemporains.

ARVIDSON, Chimiste suédois de la fin du XVIIIe siècle.

AVOGADRO (Amédéo), (1776-1856), physicien et chimiste italien, il était professeur à l'Université de Turin.

BALARD (Antoine), (1802-1876), ce chimiste, d'abord pharmacien à Montpellier, découvrit le brome en analysant des algues, et fut appelé à Paris, où il professa à la Faculté des Sciences puis au Collège de France.

BARBA (Alonso) (1569-1662), illustre minéralogiste et métallurgiste espagnol.

BAUMÉ (Antoine), (1728-1804), pharmacien et professeur de chimie d'une grande habileté expérimentale; il défendit longtemps la doctrine du phlogistique contre les attaques de Lavoisier.

BAYEN (Pierre), (1725-1798), pharmacien militaire, excellent chimiste, émit en même temps que Lavoisier des doutes sur l'existence du phlogistique, mais ne poussa pas ses expériences assez loin pour démontrer son opinion.

BECCHER (Johann-Joachim), (1635-1682), eut une vie très agitée, résida d'abord à Spire, puis en Hollande, enfin à Londres. Il est connu par de nombreux ouvrages de chimie, notamment par *La Physique souterraine*, plusieurs fois rééditée par Stahl qui avait pour ce livre une admiration sans bornes.

BEGUIN (Jean), chimiste français du début du XVIIe siècle dont le manuel eut une vogue remarquable.

BELLINI (Lorenzo), naturaliste et chimiste italien du XVIIe siècle; il tenta d'expliquer tous les phénomènes par l'atomisme.

BÉRAUD (Laurent), (1703-1777), jésuite, mathématicien et chimiste français, connu pour sa remarquable *dissertation sur la cause de l'augmentation de poids que certaines matières acquièrent dans leur calcination* couronnée en 1747 par l'Académie de Bordeaux.

BERGMANN (Tobern), (1735-1784), professeur d'histoire naturelle et de chimie à l'Université d'Upsal, célèbre par ses travaux théoriques et expérimentaux.

BERTHELOT (Marcelin), (1827-1907), célèbre chimiste français, professeur au collège de France; ses travaux sur la thermo-chimie, et ses synthèses de corps organiques ont assuré sa gloire.

BERTHOLLET, (1748-1822), chimiste français, aussi remarquable par ses travaux sur l'art de la teinture, que par ses découvertes expérimentales et ses spéculations théoriques; il organisa vers la fin de sa vie la célèbre société d'Arcueil.

BERZELIUS (Jöns Jacob), (1779-1848), célèbre chimiste suédois; son enseignement contribua autant à établir sa réputation que ses recherches originales; il eut le regret en vieillissant de voir les jeunes savants abandonner le dualisme qu'il avait su imposer à la science.

BLACK, (1728-1799), né à Bordeaux de parents écossais, il retourna dans la patrie de ses ancêtres et fut professeur à l'Université d'Edimbourg; la chimie lui doit la découverte et l'étude de l'acide carbonique, la physique la notion de chaleur latente.

BOERHAAVE (Hermann), (1668-1738), médecin hollandais de très grande réputation; professeur de chimie à l'Université de Leyde, son *traité*, dont la première édition date de 1732, fut classique pendant une grande partie du XVIIIe siècle.

BOYLE (Robert), (1627-1691), illustre physicien et chimiste anglais, aussi célèbre par la vigueur avec laquelle il voulut imposer à la chimie une philosophie corpusculaire et expérimentale, que par ses très nombreuses découvertes.

BRANDT, (1694-1768), chimiste suédois directeur du laboratoire de Stockholm.

BUFFON (Leclerc de), (1707-1788), la chimie est redevable à l'illustre naturaliste français de spéculations sur l'application de la loi d'attraction universelle qui eurent alors un grand succès; voir dans l'*Histoire naturelle* la dissertation intitulée *De la Nature, seconde vue.*

BUNSEN (Robert), (1811-1899), chimiste allemand, professeur à l'Université d'Heidelberg; outre les travaux que nous avons cités, ce savant a encore rendu son nom célèbre en perfectionnant nombre d'appareils de laboratoire.

CANNIZARO (Stanislao) (1826-1910), chimiste italien, à qui l'on doit la théorie atomique sous sa forme moderne.

CAVENDISH (Henry), (1731-1810) aussi célèbre par sa grande richesse que par ses travaux scientifiques, ce savant anglais a étudié quelques gaz et a le premier décomposé l'eau.

CHANCOURTOIS (1820-1866), professeur à l'Ecole des Mines.

CHEVREUL (Michel, Eugène), (1786-1889), célèbre chimiste français, aussi connu par ses brillantes découvertes scientifiques que par son extraordinaire longévité; il s'appelait à cent ans le « doyen des Etudiants ».

COURTOIS (Bernard), (1777-1838), chimiste praticien qui découvrit accidentellement l'iode en analysant certains varechs.

CRELL (Lorenz), (1744-1816), chimiste allemand, plus influent par ses publications périodiques que par ses travaux personnels.

CRONSTEDT, (1722-1765), chimiste et minéralogiste suédois.

DAGUERRE (Louis) (1789-1851), chimiste français, dont le nom est resté illustre par son invention d'un procédé pratique de photographie.

DAVIDSON (William), (1635-1660), chimiste écossais, fut professeur à Paris, puis à Londres.

DALTON, (1766-1844), chimiste anglais, professeur à Manchester, célèbre par ses travaux sur les proportions multiples et la théorie atomique.

DAVY (Humphry), (1778-1829), chimiste anglais, célèbre par la découverte des métaux alcalins, et de nombreux travaux.

DUCLOS, chimiste français de la fin du XVIIIe siècle.

DULONG (Pierre-Louis), (1785-1838), médecin, physicien et chimiste français.

DUMAS (Jean-Baptiste), (1800-1884), chimiste très réputé, fut d'abord pharmacien à Genève, puis professeur à Paris; dans les dernières années de sa vie, il se consacra à la politique.

FARADAY, (1797-1867), célèbre chimiste et physicien anglais.

FOURCROY (1755-1809), célèbre chimiste français; il a été le collaborateur de Lavoisier; son article *Chimie*, de l'encyclopédie méthodique est un tableau vivant de cette période héroïque de la chimie.

FREIND, (1675-1728), médecin anglais, professeur à l'Université d'Oxford, qui voulut d'une manière vague déduire les phénomènes chimiques de l'attraction Newtonienne.

FRÉMY, chimiste français du XIXe siècle, célèbre par la publication de l'Encyclopédie chimique.

GAY-LUSSAC, (1778-1850), chimiste illustre, professeur à la Sorbonne, puis au Jardin des plantes.

GERHARDT (Charles), (1816-1856), né à Strasbourg, il put faire des études de chimie grâce à la générosité de Liebig, puis revint en France, fut professeur à Montpellier, d'abord, ensuite à Strasbourg, où il mourut presque subitement. Il fut ami de Laurent et, comme lui, passa sa vie à se disputer puis à se réconcilier avec les autres chimistes.

GELLERT (Christ), (1713-1795), métallurgiste et chimiste allemand.

GEOFFROY (Etienne), (1672-1831), médecin et chimiste français, donna de nombreux mémoires à l'Académie des sciences; sa *Table* des affinités lui a fait une réputation durable.

GLAUBER (Johann Rudolf), (1604-1668), célèbre chimiste allemand; il passa une partie de sa vie en Hollande.

GREW (Nehemiah), (1641-1712), naturaliste et chimiste anglais.

GUGLIELMINI (Dominique), (1655-1710), mathématicien, physicien et chimiste italien.

GULDBERG, chimiste norvégien du XIXe siècle.

GUYTON DE MORVEAU, (1737-1816). Dans sa jeunesse, avocat à Dijon. Passionné pour la chimie, il se convertit

aux idées de Lavoisier et eut le premier l'idée de la nouvelle nomenclature; il fut administrateur des monnaies sous l'Empire.

HALES (Etienne), (1677-1761), botaniste anglais, qui fit de remarquables recherches chimiques sur les gaz qui s'échappent des substances organiques; sa statique des végétaux à été traduite par Buffon en 1735.

HARTSOECKER (Nicolas), (1656-1725), savant hollandais; vécut en France longtemps, et tenta d'appliquer l'atomisme à la doctrine chimique.

HAÜY (René Just.), (1743, 1822), minéralogiste français, célèbre par ses belles découvertes de cristallographie.

HOFFMANN (Friedrich), (1660-1742), illustre médecin et chimiste allemand.

HOMBERG (Guillaume), (1652-1715), né à Batavia, voyagea à travers l'Europe avant de se fixer à Paris où il fut physicien du duc d'Orléans. Ses mémoires ont été publiés par l'Académie des Sciences.

HOOKE (Robert), (1635-1703), astronome, mathématicien, physicien et chimiste anglais, professeur à Londres.

JACQUIN (Nicolas), (1727-1817), botaniste et chimiste, né à Leyde, mort à Vienne où il était professeur; connu par la polémique qu'il soutint contre la théorie de Meyer.

JUNCKER (Johann), (1679-1759), disciple de Stahl, remarquable professeur de chimie de Halle.

KEILL (John), (1671-1721), mathématicien et astronome anglais; il tenta d'expliquer les phénomènes chimiques à l'aide de déductions mathématiques basées sur la doctrine de Newton.

KÉKULÉ, (1829-1896), chimiste allemand; fit d'abord de brillantes études d'architecture; se spécialisa dans la chimie à Londres et à Heidelberg; puis devint professeur à Bonn. Ses formules développées qui représentent en quelque sorte l'architecture des molécules rappellent sa première vocation.

KIRCHOFF, (1824-1887), professeur de physique à Heidelberg, puis à Berlin.

KIRWAN (Richard), (1733-1812), chimiste anglais, connu par son *essai sur le phlogistique*. Lavoisier sut le convaincre de son erreur.

KLAPROTH, (1743-1817), chimiste allemand, d'abord pharmacien, puis professeur à Berlin, célèbre expérimentateur.

KOLBE (Adolph), (1818-1884), célèbre chimiste allemand.

KUNCKEL, (1630-1703), chimiste allemand qui obtint un poste à la cour de Charles XI, en Suède; on lui doit nombre de spéculations théoriques, la découverte du phosphore, les recherches sur l'art de la verrerie.

LAMARCK, (1744-1829), célèbre naturaliste français dont l'œuvre géniale fut à peu près méconnue de son vivant; il avait essayé vainement d'attaquer les nouvelles doctrines chimiques; ses collègues de l'Institut ont refusé même de l'entendre.

LAMETHERIE, savant français a succédé à l'Abbé du Rozier, comme directeur du journal de physique et cela jusqu'à sa mort, en 1817; il était partisan de l'hypothèse de la cristallisation universelle et s'est longtemps opposé aux doctrines de Lavoisier.

LAPLACE (Pierre-Simon), (1749-1827), célèbre mathématicien et astronome français; collaborateur de Lavoisier dans les recherches calorimétriques.

LA ROCHEFOUCAULD (Le duc de), riche amateur de chimie à la fin du XVIIIe siècle.

LAURENT (Auguste), (1807-1853), chimiste distingué fut professeur à l'Université de Bordeaux, puis essayeur à la monnaie de Paris. Seul ou en collaboration avec Gerhardt, il renouvela une partie de la théorie chimique.

LAVOISIER (Antoine-Laurent), (1743-1794). Le plus illustre chimiste de la fin du XVIIIe siècle, l'organisateur de la science; son activité était très grande; outre les travaux dont nous avons parlé, il eut une brillante carrière de fonctionnaire; régisseur des poudres et fermier général. Il fut guillotiné à ce dernier titre par la Révolution.

LEBLANC (Nicolas), (1755-1806), chimiste français, connu par ses études de cristallographie, et sa création de l'industrie de la soude. Malgré l'admirable succès de cette entreprise, il resta dans la misère et finit par se suicider.

LE BON (Philippe), (1767-1804), ingénieur français, connu par l'invention du gaz d'éclairage.

LEFÈVRE (Nicolas), professeur de chimie d'abord en France puis en Angleterre; mort à Londres en 1674.

LEHMANN, minéralogiste et chimiste allemand du XVIII[e] siècle.

LEMERY (Nicolas), (1645-1715), professeur de chimie dont le cours, paru d'abord en 1675, eut un succès extraordinaire; il a voulu faire une science uniquement intelligible et expérimentale. Lémery était né protestant; il fuit en Angleterre lors de la révocation de l'Edit de Nantes; puis il revint à Paris, se convertit au catholicisme et finit paisiblement sa carrière.

LÉMERY (Louis), (1697-1743), fils du précédent, excellent chimiste; ses mémoires ont été publiés par l'Académie des Sciences.

LIEBIG (Justin), (1803-1873) célèbre chimiste allemand; après des études secondaires désastreuses, il put enfin se livrer à sa vocation, vint travailler à Paris, puis fut nommé professeur à Giessen où il sut attirer la jeunesse studieuse de l'Europe... Vers la fin de sa vie, il abandonna la science pure pour la science appliquée, et inventa l'extrait de viande connu de tous.

LINNÉ, (1707-1778), célèbre naturaliste suédois.

LIMBOURG, chimiste qui obtint en 1758 un prix à l'Académie de Rouen par un travail sur les affinités.

MACBRIDE (David), (1726-1778), médecin anglais, professeur à l'Université de Glascow, connu par ses travaux sur les corps gazeux.

MACQUER (Pierre-Joseph), (1718-1780). Célèbre comme professeur de chimie et comme excellent expérimentateur; nous avons parlé de ses travaux.

MARGRAFF (1709-1782). Chimiste allemand, directeur du laboratoire de l'Académie des Sciences à Berlin.

MAYOW (John), (1643-1679). Naturaliste et chimiste anglais connu par sa théorie de la combustion.

MENDELEEF, (1834-1907), célèbre savant russe, professeur à l'école technique de Pétersbourg; ses travaux sur la loi périodique sont bien connus.

MEYER (Frédéric), pharmacien allemand, dont la théorie de l'*Acidum pingue* eut un moment de vogue, vers 1770.

MEYER (Lothar), chimiste du XIX[e] siècle; professeur à

Breslau, à Karlsruhe, puis à Tübingen; ses ouvrages d'enseignement lui ont assuré une grande influence.

MITSCHERLICH, (1794-1863). élève et disciple de Berzelius, puis professeur de chimie à Berlin, célèbre par ses travaux sur l'isomorphisme.

MONGE (Gaspard), (1746-1818), géomètre connu; il ne s'occupa qu'accidentellement de chimie.

NEWLAND, Savant anglais du milieu du XIXe siècle.

NEWTON (Sir Isaac), (1642-1727). L'illustre Newton a consacré à la chimie la 31e question de son optique; la théorie de l'attraction universelle eut sur les chercheurs une grande influence.

NIEPCE (1765-1833), chimiste français, un des inventeurs de la photographie.

NOBEL (Alfred), (1833-1896), chimiste suédois bien connu; il inventa la dynamite.

OPOIX, (1745-1840), chimiste français.

PALISSY, (1510-1589), savant français, célèbre par la découverte des émaux, et sa lutte contre les doctrines alchimiques.

PARACELSE, (1493-1541), célèbre médecin et chimiste suisse, qui eut l'honneur d'exciter la haine ou l'admiration de ses contemporains et de la postérité.

PASTEUR (Louis), (1822-1895). La chimie est reconnaissante à Pasteur de ces travaux de cristallographie, et de ses études sur les fermentations produites par les microorganismes.

PÉAN DE SAINT-GILLES, chimiste connu par sa collaboration aux travaux de Berthelot.

PÉLIGOT, (1811-1890), chimiste français.

PETIT, (1791-1820), physicien français; collaborateur de Dulong.

POTT, (1692-1777), Médecin et chimiste allemand, disciple de Stahl; fut professeur à Berlin.

PRIESTLEY, (1733-1804), théologien et savant anglais, dont les recherches sur les gaz sont partout admirées; il s'obstina aussi bien dans ses idées religieuses que dans ses doctrines chimiques, et à la suite de dénonciations dut s'exiler en Amérique vers la fin de sa vie.

PROUST, (1755-1826), chimiste français, fut professeur à Madrid, revint en France où il ne trouva que de la

gêne; Berthollet le fit nommer membre de l'Institut bien qu'il ne résidât pas à Paris.

PROUT, (1750-1830), médecin anglais qui chercha à déduire l'unité de la matière de l'examen des poids atomiques.

REY (Jean), médecin et chimiste du XVIIe siècle; habitait le Périgord.

RICHTER (J.-B.), (1762-1807), Chimiste à la manufacture de porcelaines à Berlin; connu par ses travaux sur la saturation des acides par les alcalis.

ROMÉ DE L'ISLE, (1736-1796), célèbre minéralogiste français; on lui doit les premières études de cristallographie systématique.

ROUELLE (Guillaume-François), (1703-1770), célèbre chimiste et professeur de chimie à Paris; ces travaux les plus connus concernent les sels neutres.

RUTHERFORD (Daniel), (1749-1819), médecin, botaniste et chimiste anglais; découvrit l'azote dont il ne put établir la véritable nature.

SAINTE-CLAIRE-DEVILLE (Henri), (1818-1881), chimiste français; professeur à Paris, bien connu par sa découverte de la dissociation.

SCHEELE (1742-1784), pharmacien et chimiste suédois, extrêmement remarquable, l'un des plus grands découvreurs de faits que signale l'histoire.

SCHEPPER, chimiste scandinave du XVIIIe siècle.

SÉNAC (Jean), médecin français très connu du début du XVIIIe siècle; *les éléments de chimie* parus en 1723 eurent un grand retentissement; quelques personnes ont nié qu'il en ait été l'auteur.

SENNEBIER (Jean), (1742-1809), naturaliste, physicien, chimiste et philosophe suisse.

SPIELMANN, (1722-1772), médecin et professeur de chimie allemand.

STAHL (Georges-Ernest), (1660-1734), célèbre chimiste et médecin allemand; aussi connu par ses théorics sur l'animisme que par la théorie du phlogistique; il fut professeur à Halle, puis à Berlin; nous avons longuement parlé de ses idées.

STAS (Jean), (1813-1891), chimiste belge, né à Louvain, professeur à Bruxelles; connu par ses recherches sur les poids atomiques.

SYLVIUS, (1617-1672), médecin et chimiste hollandais, représentant de l'Ecole iatrochimique.

TACHÉNIUS, disciple de ce dernier, systématisa le dualisme acide-alcali, dont il fit une doctrine générale; il mourut en 1675.

THÉNARD (Baron Louis-Jacques), (1774-1857), célèbre chimiste français.

THIBAUT (Jacques), professeur de chimie à Paris au XVIIe siècle.

THOMSON (Thomas), (1773-1852), professeur de chimie en Angleterre; vulgarisa les hypothèses de Dalton et de Prout.

VAN HELMONT (J. B.), (1577-1644), philosophe mystique et chimiste flamand.

VAN MONS (J. B.), (1765-1842), chimiste belge.

VAN T'HOFF, (1852-1911), chimiste hollandais, professeur à Utrecht, puis à Berlin; ses travaux concernant la chimie dans l'espace, et la chimie physique ont assuré sa réputation.

VAUQUELIN (1763-1829), célèbre chimiste français.

VENEL (de), chimiste de l'école de Montpellier, au XVIIIe siècle; fit des recherches sur les eaux gazeuses et collabora à l'Encyclopédie de Diderot.

WAAGE, chimiste norvégien du XIXe siècle.

WALTIRE, chimiste anglais du XVIIIe siècle, collaborateur de Priestley.

WENZEL, (1740-1793), chimiste allemand très réputé.

WILLIAMSON, (1824-1904), célèbre chimiste anglais, fut professeur à l'Université de Londres.

WÖHLER, (1800-18 2), chimiste allemand, professeur successivement à Berlin, à Cassel, à Göttingen, ami intime de Liebig; nous avons parlé des plus importants de ses travaux.

WOLLASTON (William), (1766-1828), chimiste, minéralogiste naturaliste anglais.

WOOD, chimiste anglais du XVIIIe siècle.

WURTZ (Charles-Adolphe), (1817-1894), chimiste autant réputé par ses travaux, que par son célèbre dictionnaire, et par ses efforts pous faire triompher la théorie atomique; il fut professeur à l'Ecole de médecine de Paris, puis à la Sorbonne.

Bibliographie

La bibliographie ci-dessous est extrêmement incomplète et ne comprend que les ouvrages les plus généraux consacrés partiellement ou entièrement à l'histoire de la chimie; pour ne pas allonger démesurément cet index, nous n'énumérerons pas les publications, quelles qu'elles soient, dues à la plume des chimistes dont nous étudions l'œuvre scientifique. Le lecteur qui désirera des renseignements supplémentaires pourra consulter un des livres mentionnés ici; nous en avons cité un grand nombre dans notre ouvrage sur *les doctrines chimiques...* dont la première partie seule est actuellement parue.

Le présent travail comprend d'ailleurs le résumé de recherches faites directement sur les sources originales jusqu'à l'époque de Lavoisier; en ce qui concerne la période moderne, tout en utilisant autant que possible les travaux des savants eux-mêmes, nous avons largement puisé dans les recherches des historiens cités plus bas, auxquels nous renvoyons les personnes qui désireraient des détails techniques n'ayant pu trouver place ici.

Arrhénius (Svanto). — *Theorien der chemie.* Leipzig, 1906.

Berthelot (Marcelin). — *La révolution chimique. Lavoisier* (Alcan, 1890, in-8).

Bloch (Ernest). — *Die chemischen Theorien bei Descartes und Cartesianern* (Isis, Revue internationale d'histoire des Sciences, Vol. I (4), 1914).

— *Das chemische Affinitäts problem, geschichtlich betrachtet* (Isis, vol. VIII (1), 1926).

Brown (J. M.). — *A history of chemistry from the earliest times till the present days.* Londres, 1913.

Cap (Paul. — *Etudes biographiques pour servir à l'histoire des Sciences* (Masson, 1858, 1862, 2 vol. in-12).

Colson. — *L'essor de la chimie appliquée* (Flammarion, 1910, in-12).

— *Histoire de la chimie* (dans l'*Histoire de la Nation française* d'Hanotaux).

DELACRE (Maurice). — *Histoire de la chimie* (Gauthier-Villars, 1920, in-8).

DUCLAUX. — *Pasteur, histoire d'un esprit* (Masson, 1916, in-8).

DUHEM (Pierre). — *Le mixte et la combinaison chimique, essai sur l'évolution d'une idée* (Paris, 1902, in-8).

— *La chimie est-elle une science française ?* (Hermann, 1916, in-12).

DUMAS (Jean-Baptiste). — *Philosophie chimique* (Gauthiers-Villars, 1878, in-8).

EHRENFELD. — *Grundris einer Entwicklungsgeschichte der chemischen Atomistik Zugleich Einführung Studium der Geschichte der chemie.* (Heldelberg, 1906, in-8).

FOURCROY. — Article *Chimie,* formant la plus grande partie. du 3e volume de l'*Encyclopédie méthodique* (Paris, an IV, in-4.)

FRÉMY. — *Encyclopédie chimique,* Discours préliminaire, (Premier volume, Dunod, 1882, in-8).

GMELIN. — *Geschichte der Chemie* (Gôttingen, 1795, 3 vol. in-8).

GRAEBE (Carl). — *Geschichte der Orqanischen chemie* (Berlin, 1920, in-4).

GRIMAUX (Dr Edouard) et GERHARDT fils (Charles). — *Charles Gehrardt, sa vie, son œuvre* (1816-1856), (Masson, 1900, in-8).

GRIMAUX (Dr Edouard). — *Lavoisier d'après sa correspondance, ses manuscrits* (Alcan, 1888, in-8).

HJELT (Ed.). — *Geschichte der Organischen chemie* (Braunschweig, 1916, in-8).

HOEFER. — *Histoire de la chimie* (Hachette, 1866, 2 vol. in-8).

JAGNAUX. — *Histoire de la chimie* (Paris, 1871, 2 vol. grand in-8).

KAHLBAUM. — *Die Einfuhrung der Lavoisierchen Theorie ein besonderen in Deutschland* (Leipzig, 1897, in-8).

KOPP (Hermann). — *Geschichte der chemie* (Braunschweig, 4 vol. in-8, 1844).

— *Beitrâge zur geschichte der chemie* (Heidelberg, 1869, 2 vol. in-8).

LADENBURG. — *Histoire du développement de la chimie depuis Lavoisier* (traduction française). (Hermann, 1909, in-8.)

METZGER (Hélène). — *La genèse de la science des cristaux* (Alcan, 1918, in-8).

— *Les doctrines chimiques en France du début du XVII*e *siècle à la fin du XVIII*e *siècle* (Vol. I, Les Presses Universitaires, 1923, in-8).

— *Les concepts scientifiques.* Alcan, 1926.

— *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique.* Alcan, 1930 (sous presse).

MEYER (E. V.). — *Geschichte der chemie* (Leipzig, 1891, in-8).

MEYER (Lothar). — *Les théories modernes de la chimie* (traduction française), (Hermann, 1887 in-8).

MEYERSON (Emile). — *De l'explication dans les Sciences* (Payot, 1922, in-8).

— *La déduction relativiste* (Payot, 1925, in-8).

— *Identité et Réalité* (Alcan, 1925, in-8 3e édition).

MIELI (Aldo). — *Pagino di storia della chimica* (Rome, 1922, in-8).

— *Lavoisier* (Rome, 1927, in-12).

MOORE. — *History of chemistry* (New-York, 1918, in-8).

OSTWALD (W.). — *L'Evolution d'une science, la chimie* (Flammarion, 1912, in-8).

ROSCOE et HARDEN. — *A new view of the origin of Dalton's Atomic theory* (Londres, 1896, in-8).

STILLMAN (J. M.). — *The story of early chemistry* (New-York, 1924, in-8).

THORPE. — *Essais in historical chemistry* (Londres, 1902, in-8).

TILDEN. — *Famous chemists. The men their works.*

TURRIÈRE (Emile). — *Introduction à l'étude de l'optique. Le développement de l'industrie verrière* (Isis, vol. III (1), 1925).

VENABLE (F. P. — *The development of the periodic law* (Easton, 1896, in-16).

WURTZ. — *Histoire des doctrines chimiques depuis Lavoisier* (Paris, 1868, in-12).

Table des Matières

SECTION II

IMPRIMERIE J. BIÈRE
18-20-22, RUE DU PEUGUE
BORDEAUX
1930